

TARTU ÜLIKOOL
FILOSOOFIATEADUSKOND
EESTI JA ÜLDKEELETEADUSE INSTITUUT

Anton Malmi

Intervokaalse /l/-i kvaliteet ja palatograafia

Magistritöö

Juhendajad vanemteadur Einar Meister, teadur Pärtel Lippus

Tartu 2016

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Anton Malmi (sünnikuupäev: 10.04.1987)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Intervokaalse /l/-i kvaliteet ja palatograafia“, mille juhendajad on Einar Meister ja Pärtel Lippus,
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 23.05.2016

Sisukord

Sissejuhatus	11
1. Lateraalne konsonant /l/	13
1.1. /l/-i artikulaatoorsed ja akustilised tunnused	13
2. Materjal ja meetod.....	20
2.1. Materjal	20
2.2. Meetod	20
2.2.1. Protseduur	20
2.2.2. Elektropalatograaf (EPG).....	21
3. Tulemused	24
3.1. Palatograafi mõju vokaalide ja /l/-i kvaliteedile.....	24
3.1.1. Palatograafi mõju vokaalide ja /l/-i kvaliteedile isoleeritult hääldatud katsesõnades	24
3.1.2. Palatograafi mõju vokaalide ja /l/-i kvaliteedile raamlausetes hääldatud katsesõnades	34
3.2. Isoleeritult hääldatud /l/-i kvaliteet ja EPG	44
3.2.1. Isoleeritult hääldatud vokaalide ja /l/-i kvaliteet	44
3.2.2. Isoleeritult hääldatud /l/-i EPG.....	47
3.3. Raamlausetes hääldatud /l/-i kvaliteet ja EPG.....	63
3.3.1. Raamlausetes hääldatud /l/-i kvaliteet.....	63
3.3.2. Raamlausetes hääldatud /l/-i EPG.....	65

4. Järeldused.....	80
4.1. Palatograafi mõju isoleeritult ja raamlauses hääldatud häälikute kvaliteedile.....	80
4.2. Isoleeritult ja raamlausetes hääldatud /l/-i kvaliteet ja EPG.....	81
Kokkuvõte	84
Kirjandus	86
The quality and palatography of the intervocalic /l/. Summary.....	88
Lisa 1. Katses kasutatud raamlaused.....	90
Lisa 2. Meeskeeleejuhi palatograafita ja palatograafiga isoleeritult hääldatud katsesõnade keskmised häälikute formantsagedused kolmes vältes	91
Lisa 3. Meeskeeleejuhi palatograafita ja palatograafiga raamlausetes hääldatud katsesõnade keskmised häälikute formantsagedused kolmes vältes.....	92

Jooniste loend

Joonis 1. Naiskeelejuhtide vokaalide ja /l/-i kvaliteet lause keskel ja lõpus (Q1 must, Q2 punane, Q3 roheline. V1 ja /l/ on tähistatud vastava tähega, V2 märgib sümboliga tähistamata punkt) (Malmi 2014).....	14
Joonis 2. Tume (vasakul) ja hele (paremal) /l/ (Recasens 2011: 369)	15
Joonis 3. Palataliseerimata /l/-i (üleval) ja palataliseeritud /l/-i (all) palatogrammid kolmes vältes (vasakult paremale Q1, Q2, Q3) (Ariste 1943)	16
Joonis 4. Kolmes vältes /l/-i eukleidiline kaugus vokaalidest (barkides) (Malmi 2014)	18
Joonis 5. EPG3 tehissuulagi (paremal) ja suulae skeem (paremal)	22
Joonis 6. Vokaal /a/ kontekstis hääldatud häälikute F ₁ , F ₂ , F ₃ sagedused hertsides palatograafia (Y) ja palatograafita (N) isoleeritud katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust.....	26
Joonis 7. Vokaal /e/ kontekstis hääldatud häälikute F ₁ , F ₂ , F ₃ sagedused hertsides palatograafia (Y) ja palatograafita (N) isoleeritud katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust.....	29
Joonis 8. Vokaal /i/ kontekstis hääldatud häälikute F ₁ , F ₂ , F ₃ tsagedused hertsides palatograafia (Y) ja palatograafita (N) katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust..	31
Joonis 9. Vokaal /u/ kontekstis hääldatud häälikute F ₁ , F ₂ , F ₃ sagedused hertsides palatograafia (Y) ja palatograafita (N) katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust..	33
Joonis 10. Vokaal /a/ kontekstis raamlausetes hääldatud häälikute F ₁ , F ₂ , F ₃ sagedused hertsides palatograafia (Y) ja palatograafita (N) katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust.....	36

Joonis 11. Vokaal /e/ kontekstis raamlausetes hääldatud häälikute F_1 , F_2 , F_3 sagedused hertsides palatograafiga (Y) ja palatograafita (N) katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust.....	38
Joonis 12. Vokaal /i/ kontekstis raamlausetes hääldatud häälikute F_1 , F_2 , F_3 sagedused hertsides palatograafiga (Y) ja palatograafita (N) katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust.....	40
Joonis 13. Vokaal /u/ kontekstis raamlausetes hääldatud häälikute F_1 , F_2 , F_3 sagedused hertsides palatograafiga (Y) ja palatograafita (N) katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust.....	43
Joonis 14. Isoleeritult hääldatud katsesõnades V1 (roheline), V2 (sinine) vokaalide ja C (punane) konsonandi kvaliteet kolmes vältes	46
Joonis 15. Isoleeritult vokaal /a/ kontekstis hääldatud /l/-i palatogrammid kolmes vältes, kahes lausepositsioonis (LK üleval, LL all).....	48
Joonis 16. Isoleeritult vokaal /e/ kontekstis hääldatud /l/-i palatogrammid kolmes vältes, kahes lausepositsioonis (LK üleval, LL all).....	49
Joonis 17. Isoleeritult vokaal /i/ kontekstis hääldatud /l/-i palatogrammid kolmes vältes, kahes lausepositsioonis (LK üleval, LL all).....	51
Joonis 18. Isoleeritult vokaal /u/ kontekstis hääldatud /l/-i palatogrammid kolmes vältes, kahes lausepositsioonis (LK üleval, LL all).....	52
Joonis 19. Isoleeritult hääldatud katsesõnades /l/-i AI indeks sõltuvalt vokaalidest ja vältest	55
Joonis 20. Isoleeritult hääldatud katsesõnades /l/-i CI indeks sõltuvalt vokaalidest ja vältest	57
Joonis 21. Isoleeritult hääldatud katsesõnades /l/-i DI indeks sõltuvalt vokaalidest ja vältest	59
Joonis 22. Isoleeritult hääldatud katsesõnades /l/-i COG indeks sõltuvalt vokaalidest ja vältest	61

Joonis 23. Raamlausetes hääldatud katsesõnades V1 (roheline), V2 (sinine) vokaalide ja C2 (punane) konsonandi kvaliteet kolmes vältes, kahes lausepositsioonis	65
Joonis 24. Raamlausetes vokaal /a/ kontekstis hääldatud /l/-i palatogrammid kolmes vältes, kahes lausepositsioonis (LK üleval, LL all)	66
Joonis 25. Raamlausetes vokaal /e/ kontekstis hääldatud /l/-i palatogrammid kolmes vältes, kahes lausepositsioonis (must LK, hall LL)	67
Joonis 26. Raamlausetes vokaal /i/ kontekstis hääldatud /l/-i palatogrammid kolmes vältes, kahes lausepositsioonis (must LK, hall LL)	68
Joonis 27. Raamlausetes vokaal /u/ kontekstis hääldatud /l/-i palatogrammid kolmes vältes, kahes lausepositsioonis (must LK, hall LL)	69
Joonis 28. Raamlausetes hääldatud /l/-i AI indeks sõltuvalt vokaalidest ja vältest	72
Joonis 29. Raamlausetes hääldatud /l/-i CI indeks sõltuvalt vokaalidest ja vältest	74
Joonis 30. Raamlausetes hääldatud /l/-i DI indeks sõltuvalt vokaalidest ja vältest	76
Joonis 31. Raamlausetes hääldatud /l/-i COG indeks sõltuvalt vokaalidest ja vältest ...	78

Tabelite loend

Tabel 1. EPG parameetrite keskmised. AI on keele eesosa indeks, mis tähistab keeletipu kontakti hambasompudel; DI on keeleselja indeks, mis tähistab keeleselja tõusuastet (Meister, Werner 2015).....	17
Tabel 2. Lineaarse regressioonmudeliga arvutatud palatograafi (palat) mõju isoleeritult vokaal /a/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LA - alguses, LK - keskel, LL - lõpus) hääldatud häälikute F ₁ , F ₂ , F ₃ väärtused hertsides. p<0,0001 ***, p<0,001 **, p<0,01 *, p>0,01 NS	24
Tabel 3. Lineaarse regressioonmudeliga arvutatud palatograafi (palat) mõju isoleeritult vokaal /e/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LA - alguses, LK - keskel, LL - lõpus) hääldatud häälikute F ₁ , F ₂ , F ₃ väärtused hertsides. p<0,0001 ***, p<0,001 **, p<0,01 *, p>0,01 NS	27

Tabel 4. Lineaarse regressioonimudeliga arvutatud palatograafi (palat) mõju isoleeritult vokaal /i/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LA - alguses, LK - keskel, LL - lõpus) hääldatud häälikute F ₁ , F ₂ , F ₃ väärtused hertsides. p<0,0001 ***, p<0,001 **, p<0,01 *, p>0,01 NS	29
Tabel 5. Lineaarse regressioonimudeliga arvutatud palatograafi (palat) mõju isoleeritult vokaal /u/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LA - alguses, LK - keskel, LL - lõpus) hääldatud häälikute F ₁ , F ₂ , F ₃ väärtused hertsides. p<0,0001 ***, p<0,001 **, p<0,01 *, p>0,01 NS	32
Tabel 6. Lineaarse regressioonimudeliga arvutatud palatograafi (palat) mõju raamlausetes vokaal /a/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LK - keskel, LL - lõpus) hääldatud häälikute F ₁ , F ₂ , F ₃ väärtused hertsides. p<0,0001 ***, p<0,001 **, p<0,01 *, p>0,01 NS	34
Tabel 7. Lineaarse regressioonimudeliga arvutatud palatograafi (palat) mõju raamlausetes vokaal /e/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LL - lõpus) hääldatud häälikute F ₁ , F ₂ , F ₃ väärtused hertsides. p<0,0001 ***, p<0,001 **, p<0,01 *, p>0,01 NS	37
Tabel 8. Lineaarse regressioonimudeliga arvutatud palatograafi (palat) mõju raamlausetes vokaal /i/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LK - keskel, LL - lõpus) hääldatud häälikute F ₁ , F ₂ , F ₃ väärtused hertsides. p<0,0001 ***, p<0,001 **, p<0,01 *, p>0,01 NS	39
Tabel 9. Lineaarse regressioonimudeliga arvutatud palatograafi (palat) mõju raamlausetes vokaal /u/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LK - keskel, LL - lõpus) hääldatud häälikute F ₁ , F ₂ , F ₃ väärtused hertsides. p<0,0001 ***, p<0,001 **, p<0,01 *, p>0,01 NS	41
Tabel 10. Lineaarse mudeli väljund vokaalide, välte ja lausepositsiooni mõjudest /l/-i F ₁ väärtusele isoleeritult hääldatud katsesõnades (p≤0,01 *)	44
Tabel 11. Lineaarse mudeli väljund vokaalide, välte ja lausepositsiooni mõjudest /l/-i F ₂ väärtusele isoleeritult hääldatud katsesõnades (p≤0,01 *)	45
Tabel 12. Isoleeritult vokaal /a/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis /l/-i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaalse keskkoha pealt	48

Tabel 13. Isoleeritult vokaal /e/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis /l/-i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaalse keskkoha pealt	50
Tabel 14. Isoleeritult vokaal /i/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis /l/-i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaalse keskkoha pealt	51
Tabel 15. Isoleeritult vokaal /u/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis /l/-i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaalse keskkoha pealt	53
Tabel 16. AI indeksit kirjeldav lineaarne mudel isoleeritult hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *).....	54
Tabel 17. CI indeksit kirjeldav lineaarne mudel isoleeritult hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *).....	56
Tabel 18. DI indeksit kirjeldav lineaarne mudel isoleeritult hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *).....	58
Tabel 19. COG indeksit kirjeldav lineaarne mudel isoleeritult hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *).....	60
Tabel 20. /l/-i F_1 väärtuse varieerumine sõltuvalt palatograafi indeksitest isoleeritult hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *)	61
Tabel 21. /l/-i F_2 väärtuse varieerumine sõltuvalt palatograafi indeksitest isoleeritult hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *)	62
Tabel 22. Lineaarse mudeli väljund vokaalide, välte ja lausepositsiooni mõjudest /l/-i F_1 väärtusele raamlausetes hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *).....	63
Tabel 23. Lineaarse mudeli väljund vokaalide, välte ja lausepositsiooni mõjudest /l/-i F_2 väärtusele raamlausetes hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *).....	64
Tabel 24. Raamlausetes vokaal /a/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis /l/-i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaalse keskkoha pealt	67
Tabel 25. Raamlausetes vokaal /e/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis /l/-i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaalse keskkoha pealt	68

Tabel 26. Raamlaustes vokaal /i/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis /l/-i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaalse keskkoha pealt	69
Tabel 27. Raamlaustes vokaal /u/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis /l/-i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaalse keskkoha pealt	70
Tabel 28. AI indeksit kirjeldav lineaarne mudel raamlausetes hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *).....	71
Tabel 29. CI indeksit kirjeldav lineaarne mudel raamlausetes hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *).....	73
Tabel 30. DI indeksit kirjeldav lineaarne mudel raamlausetes hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *).....	75
Tabel 31. COG indeksit kirjeldav lineaarne mudel raamlausetes hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *).....	77
Tabel 32. /l/-i F_1 väärtuse varieerumine sõltuvalt palatograafi indeksitest raamlausetes hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *)	78
Tabel 33. /l/-i F_2 väärtuse varieerumine sõltuvalt palatograafi indeksitest raamlausetes hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *)	79

Sissejuhatus

Magistritöö on jätkuks minu (2014. aastal Tartu Ülikoolis kaitstud) bakalaureusetööle „Intervokaalse /l/-i kvaliteet ja kvantiteet“. Magistritöö eesmärgiks on elektropalatograafia (EPG) uurida kolmes vältes intervokaalse /l/-i akustika seost artikulatsiooniga. Lisaks uuritakse, kas palatograafil on mõju keelejuhi häälikute akustikale. Elektropalatograafia on eksperimentaalne meetod, mille abil analüüsitakse, kuidas ja milliste osadega saavutab keel häälikute artikuleerimisel kontakti suulaega.

Bakalaureusetöös uuriti välte ja ümbritsevate vokaalide kvaliteedi mõju intervokaalse /l/-i kvaliteedile ja kvantiteedile ainult akustilisele andmestikule põhinedes. Tulemustest selgus, et /l/-i kvaliteeti ja kvantiteeti mõjutab ümbritsevate vokaalide häälduskoht. Magistritöös uuritavad andmed elektropalatograafilt annavad täpsema ülevaate intervokaalse /l/-i hääldusstrateeriatest ja sellest, kuidas /l/-i akustilised tunnused on seotud artikulatsiooniga.

Kuna magistritöös analüüsitakse palatograafi andmeid, siis peab esmalt kindlaks tegema, kas tehissuulael on mõju keelejuhi hääldusele. Varasemad uurimuste tulemused kinnitavad, et tehissuulagi mõjutab keelejuhi häälikute kvaliteeti (McAuliffe, Robb ja Murdoch 2007; Dean 2008). Sellest tulenevalt on magistritöö uurimisküsimused järgmised:

- a. Kas palatograafi kasutamine mõjutab isoleeritult ja raamlausetes hääldatud intervokaalse /l/-i ja vokaalide kvaliteeti?;
- b. Milline on intervokaalse /l/-i kvaliteet ning kuidas seda mõjutab välde, vokaalid ja lausepositsioon?;
- c. Millised EPG parameetrid kirjeldavad intervokaalse /l/-i artikulaatorseid tunnuseid ja kuidas need seostuvad akustiliste parameetritega?

Varasematele uurimustele põhinedes (Mcauliffe, Robb ja Murdoch 2007; Dean 2008; Malmi 2014) seatakse magistritöös kolm hüpoteesi. Esiteks, tehissuulagi mõjutab keelejuhi häälikute kvaliteeti, mis väljendub tagapoolsemas keele asendis ja avatumas suu asendis. Need mõjud realiseeruvad väiksemates F_1 , F_2 sagedustes ja suuremas F_3 sageduses. Teiseks, mida kauem on tehissuulagi suus, seda lähemale hakkavad formantväärtused liikuma tagasi oma originaalväärtuste poole. Kolmandaks, tagavokaalidega on /l/-i häälduskoht tagapoolsem kui eesvokaalidega.

Uurimisküsimuste ja hüpoteeside kontrollimiseks tehti üks kaheosaline katse ühe meeskeelejuhiga. Katse viidi läbi nii palatograafiga kui palatograafita. Katse esimeses pooles luges meeskeelejuht isoleeritult hääldatud kolmes vältes katsesõnu, kus lateraal /l/ asus vokaalide /a, e, i, u/ kontekstis. Iga katsesõna loeti kolm korda. Katse teises osas luges meeskeelejuht minu bakalaureusetöö katse raamlauseid (vt lisa 1), kus kolmes vältes /l/ oli samade vokaalide kontekstis, kahesilbiliste sõnade esimese ja teise silbi piiril, neljasõnalise lause keskel ja lõpus. Andmeid katsest kasutati, et uurida tehissuulae mõju hääldusele ja vokaalide mõju /l/-i akustikale ning artikulatsioonile.

Salvestuste akustiliseks analüüsiks kasutati programmi Praat (Boersma, Paul; Weenink, David 2016) ja statistiliseks analüüsiks programmi R (The R core team 2013). Andmed artikulatsioonist saadi programmist Articulate Assistant (Articulate Instruments Ltd 2010).

1. Lateraalne konsonant /l/

1.1. /l/-i artikuloorsed ja akustilised tunnused

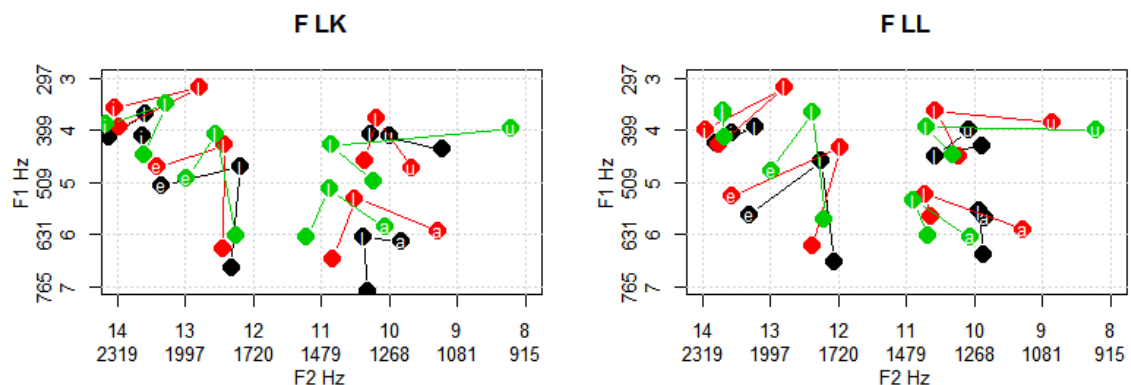
/l/ on lingvaalne konsonant, mille hääldamisel toetub keeletipp või keeleselja eesosa hambasompudele või kõva suulae eesosale. Õhk pääseb suust välja mööda ühte, või harvemini mööda mõlemat keele külge. (Stevens 2000: 532) /l/-i on kirjeldatud ka kui poolvokaali (in k *approximant*), sest tal on nii vokaali kui konsonandi tunnused ja selle hääldamisel puudub täielik sulg ning frikatiivne ahtus keele külgede ja suulae vahel. (Epsy-Wilson 1992: 736)

See, kas /l/-i hääldatakse keele tipuga, keeleselja eesosaga, hambasompudel või selle taga, oleneb kõnelejust ja keelest. Näiteks Darti (1998: 80) palatograafilise uurimuse kohaselt hääldatakse inglise keele /l/-i keele tipuga ja pigem hambasompudel, kuid prantsuse keeles eelistatakse seda hääldada keeleselja eesosaga hambasompude taga. Lauri Kettunen (1913: 6) ja Paul Ariste (1939: 222), kes on esimesed eesti keele artikulatsiooni uurijad, ütlevad oma palatograafiliste uurimuste andmetele põhinedes, et eesti keele /l/-i häälduskoht on hambasompudel või selle taga. Ariste (1939: 223) täheldas veel, et hammastel ja hambasompude eesosal hääldatud /l/ on eesti keeles haruldasem ja üldiselt on hääldamisel kogu keel tõmbunud tahapoole.

Selline tagapoolsem keele asend /l/-i hääldamisel, mida täheldas ka Stevens (2000: 546), tähendab akustiliselt väiksemat F_2 väärtust, sest F_1 väärtust seostatakse keele kõrgusega, F_2 keele ees- ja tagapoolsusega ja F_3 väärtust huulte avatusega ja külgsuunalise liikumisega. F_3 väärtus on /i/ puhul suurim, /u/ puhul väikseim. Kusjuures /l/-i F_2 ja F_3 sageduste vahel on märgatav vahe ja intensiivsuse langus, sest ühtlane õhuvool on keeletipu poolt takistatud, mille tulemusel tekib peamisele akustilisele teele külgharu, milles on suuõõne võnkumisega vastandlik faas ning need kaks faasi summutavad teineteist. (Johnson 2003: 160–163).

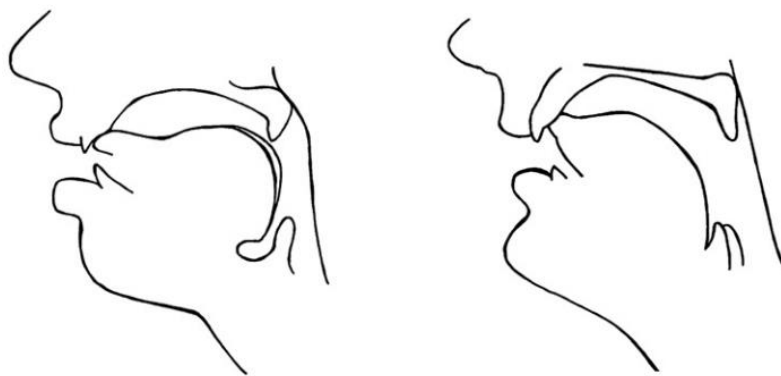
Kõnes ei esine häälikud kunagi iseseisvalt, tänu sellele on /l/-i formantstruktuur väga mõjutatud sellest, millises kontekstis ta on hääldatud. See on koartikulatsiooni nähtus, sest isoleeritult hääldatud häälikute sihtpunktid suus erinevad seotud kõnes hääldatud häälikute sihtpunktidest. Üksteise järel asetsevate erinevate häälduskohtadega häälikud mõjutavad üksteise häälduskohti ja seega ka akustilist kvaliteeti. Sama täheldas Kutser (1935: 35) oma ulatusliku palatograafilise materjaliga seminaritöös, kus ta väitis, et eesvokaalide kontekstis, võrreldes tagavokaalidega, on /l/-i alveolaarne kontakt eespoolsem. Sellist häälduskohast tulenevat tendentsi märkasin enda bakalaureusetöös (vt joonis 1), kust selgus, et madalate vokaalide kontekstis olid /l/-i F_1 väärtused suuremad, F_2 väärtused väiksemad, kõrgete vokaalide kontekstis olid F_1 väärtused väiksemad ja F_2 väärtused suuremad.

Bakalaureusetöös (Malmi 2014) kasutatud lineaarsest segamudelist selgus, et võrreldes esimese välte /a/ kontekstis /l/-iga, mõjutas /l/-i kvaliteeti teine välde ja vokaal /e/. Olulised olid ka teise välte interaktsioon vokaalidega /e/ ja /u/ ning kolmanda välte interaktsioon vokaaliga /u/. Põhjus, miks vokaal /i/-l polnud nii tugevat mõju /l/-i kvaliteedile võib olla seetõttu, et nende häälduskohad on väga lähedased. Mees- ja naiskeelejuhtide häälikute kvaliteedis oli erinevus, kuid seda meeste ja naiste kõnetrakti füsioloogiliste erinevuste tõttu. Üldised tendentsid kahe grupi vahel olid siiski samad.



Joonis 1. Naiskeelejuhtide vokaalide ja /l/-i kvaliteet lause keskel ja lõpus (Q1 must, Q2 punane, Q3 roheline. V1 ja /l/ on tähistatud vastava tähega, V2 märgib sümboliga tähistamata punkt) (Malmi 2014)

Nagu eespool mainiti, siis /l/-i poolvokaalne hääldusviis muudab selle väga mõjutatuks ümbritsevatest vokaalidest. Selle tulemusel võib ta realiseeruda erinevate allofoonidena. Näiteks esinevad inglise, vene, katalaani, tšehhi, taani, soome, prantsuse, saksa, ungari, itaalia ja paljudes muudes keeltes /l/-i allofoonid, mida nimetatakse kõlamulje põhjal heledaks ja tumedaks. Akustiliselt on hele /l/ *i*-laadne ja tume *u*-laadne, millest esimene realiseerub prevokaalses ja viimane postvokaalses kontekstis. Heledat /l/-i (vt joonis 2) hääldatakse kõrgema keeleselja tõusuastmega ja tumedat keeleselja keskosa langetamise ning keeleselja tagumise osa tõmbumisega kurgunibu poole. Tumeda /l/-i hääldamisel tekib kaks resonanttöönt, üks suuõõnes ja teine kurgunibu all neeluõõnes. (Recasens 2011: 368)

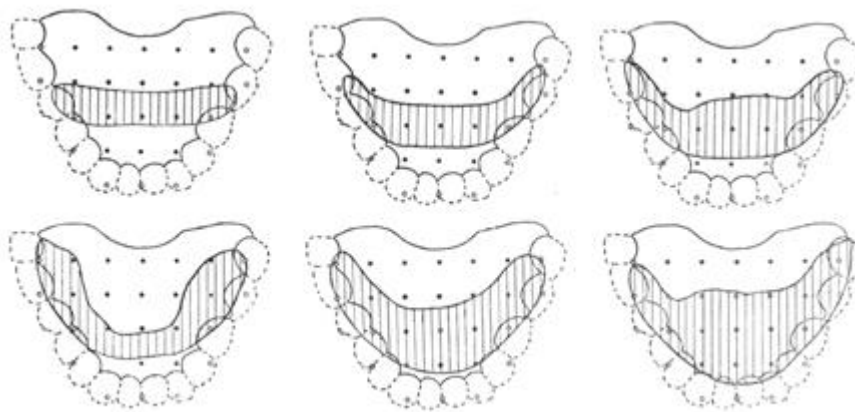


Joonis 2. Tume (vasakul) ja hele (paremal) /l/ (Recasens 2011: 369)

Kuna keeleselja keskosa on langetatud, on keele küljed hääldusesse vähem kaasatud kui heleda /l/-i puhul. (Narayanan jt 1997). Akustiliselt tähendab see tumedamal väiksemat F_2 väärtust (800–1200 Hz) kui heledal /l/-il (1500–2000 Hz). F_1 väärtus on tumedal suurem kui heledal, olles seotud laiema keele keskosaga ja lõualuu madalama asendiga. F_3 väärtus on samuti tumedal allofoonil suurem, sest tema häälduskoht on eespoolsem ja F_3 väärtus on seotud avaga, mis on moodustatud takistuse ees. (Recasens 2011: 369)

Eesti keeles võib leida heledale /l/-ile sarnast *i*-laadset allofooni, mida nimetatakse palataliseeritud /l/-iks, kuid erinevalt heledast, realiseerub see postvokaalses kontekstis. Ariste (1943: 32) ütles eesti keele /l/-i kohta, et kui selle artikuleerimisel on keeleselg

tõusnud kõrgele, siis palataliseeritud /l/-i hääldamisel on see tõusnud veelgi kõrgemale. Jooniselt 3 on näha, et /l/-i palataliseeritud vastel on eespoolsem häälduskoht ja laiem lateraalne kontakt kõval suulael, mida toetab kõrgem keeleselja tõusuaste. Kõvale suulaele lähedane häälduskoht eristab teda heledast /l/-ist ja tekitab *i*-lise siirde vokaali lõpuossa ja konsonandi algusesse.



Joonis 3. Palataliseerimata /l/-i (üleval) ja palataliseeritud /l/-i (all) palatogrammid kolmes vältes (vasakult paremale Q1, Q2, Q3) (Ariste 1943)

Palatalisatsioon on ka akustiliselt heleda /l/-i sarnane. Võrreldes palataliseerimata /l/-iga, on palataliseeritud /l/-il tavapärasest pikem F_2 siire vokaalilt konsonandile, mis liigub sageduse poole, mida mõjutab küll vokaali formantsruktuur, kuid mis on tavaliselt 30% kõrgem kui palataliseerimata konsonandil, jäädes vahemikku 1575–2175 Hz. F_1 sagedus on 15% madam, vahemikus 300–370 Hz ja F_3 on 15% kõrgem kui palataliseerimata konsonandil, jäädes vahemikku 2450–2600 Hz. Formantsagedused varieeruvad peamiselt tulenevalt vokaali kontekstist. (Lehiste 1965: 158)

Tabelis 1 on Einar Meistri ja Stefan Werner (2015) palatograafilise analüüsi tulemused eesti keele palataliseeritud ja palataliseerimata /l/-ist. Võrreldes palataliseerimata /l/-iga on palataliseeritud lateraal hääldatud kõrgema keeleselja tõusuastmega, mis väljendub suuremas DI indeksis. DI indeks väljendab seda, milline on keele kontaktiala suulae

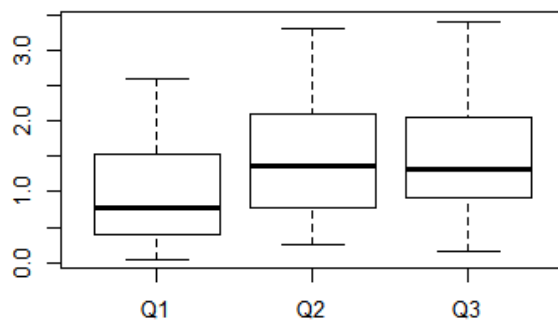
keskosas palataalses ja postpalataalses osas. EPG3 tehissuulael tähendab see viimast kolme elektroodirida, kus on kokku 24 elektroodi. Kui kõik 24 on aktiveeritud, saab DI väärtuse 1, kui 12, siis 0,5 jne. Jooniselt 3 on näha seda tendentsi teises ja kolmandas vältes, kus lateraalne kontakt suulaes suureneb tänu kõrgemale keeleselja asendile. Kui keel tervikuna on rohkem hääldusesse kaasatud, siis teise ja kolmanda välte häälduskoht hambasompudel on üksteisele lähedasem võrreldes esimese välte häälduskohaga (Ariste 1943; Arvo Eek 1970: 111; Meister ja Werner 2015). Kolmanda välte kontakt hambasompudel on natuke eespoolsem kui teises vältes. Arvo Eek (1970: 111) nimetas seda alveolaarseks kompensatsiooniks, sest väiksem kontakt hambasompudel tähendab laiemat lateraalset kontakti. Esimeses vältes puudub lateraalne kontakt peaaegu alati, teises vältes ei lähe see kaugemalt teisest purihambast, kuid kolmanda vältega kaasneb tugev lateraalne kontakt. Seetõttu on kolmandas vältes hääldatud /l/-il ka kõige kitsam lateraalne ava keele külgedel.

Tabel 1. EPG parameetrite keskmised. AI on keele eesosa indeks, mis tähistab keeletipu kontakti hambasompudel; DI on keeleselja indeks, mis tähistab keeleselja tõusuastet (Meister, Werner 2015)

VC(C)V	AI	DI
ala	0.917	0
alla	0.976	0
al:la	0.98	0
al'a	0.927	0.187
al'la	0.951	0.342
al':la	0.957	0.403

Kasutades röntgenograafi sai Arvo Eek (1970) lisada, et tänu vältest tulenevast suuremast artikulaatorsest pingutusest liiguvad keelejuur ja kõripealis neeluõõne tagumisest seinast eemale. Selle tulemusena laieneb neeluõõs ja aheneb suuõõs. Akustiliselt tähendab laiem neeluõõs väiksemat F_1 väärtust. Ta lisas veel, et /l/-i hääldamisel on keeleselg kumer ja pääs ninaõõnde on suletud, mis tagab õhu läbipääsu suu eesossa üle keele külgede. Artikulaatorne pingutus, mis kaasneb teise ja kolmanda vältega mõjutab /l/-i kvaliteeti ja

kvantiteeti. See ilmnis ka minu bakalaureusetööst (vt joonis 4), kust selgus, et vältel on oluline efekt /l/-i kvaliteedile. Võrreldes esimese vältega, oli statistiliselt oluline erinevus esimese ja teise välte vahel (1 bark vs 1,7 barki). Teise ja kolmanda välte vahel statistilist erinevust polnud, sest teise ja kolmanda välte häälduskohad on üksteisele lähedased.



Joonis 4. Kolmes vältes /l/-i eukleidiline kaugus vokaalidest (barkides) (Malmi 2014)

Palatograafia annab palju infot keelejuhi artikulatsioonimustrite kohta, võimaldades näha, milliste kohtadega puudutab keel suulage häälikute hääldamisel. Palatograafia saab uurida konsonante, mille häälduskoht ei ole bilabiaalne, labiodentaalne, uvulaarne või glotaalne. Vokaalide kohta saadakse infot ainult kõrgema moodustuskohaga vokaalidest. Piirangu seab ka see, et igale keelejuhile on vaja teha nende suulae kujule vastav sensoritega tehissuulagi. See on aeganõudev ja kulukas protsess.

Hääldusmustrite analüüsimisel palatograafia peab arvestama iga inimese füsioloogilisi eripärasid ja keelejuhid võivad kasutada erinevaid artikulaatorseid strateegiaid. EPG3 tehissuulae kvantimissagedus on 100 Hz, mis tähendab, et mõõtmisi tehakse 100 korda sekundis ehk iga 10 millisekundi tagant. See kiirus võib vahel olla liiga aeglane, et salvestada väga kiireid artikulaatorseid liigutusi. (Harrington 2010: 154)

Vähem on räägitud palatograafi mõjust keelejuhi hääldusele ja häälikute kvaliteedile. Karie Lindsay Dean (2008) tegi katse, kus ta uuris palatograafi mõju helitute klusiilide akustikale. Tema tulemustest selgus (Dean 2008: 34), et palatograaf mõjutas keelejuhi häälikute kvaliteeti. Näiteks bilabiaalse /p/ puhul oli hääldus häiritud, kuna keelejuhi

suust tulevad välja juhtmed, mis takistavad sulu moodustamist. /k/ puhul oli näha, et esimesel 20 minutil kui tehissuulagi oli suus, moodustas keelejuht klusiili tagapoolsemalt, üritades kompenseerida suulae olemasolu suus. Pärast 20 minutit hakkas keelejuht suulaega harjuma ja /k/ väärtused liikusid tagasi oma originaalväärtuste poole. Samad tulemused saadi ka /t/ ja /s/-i kohta. Autor nentis, et keelejuhil ei õnnestunud katse lõpuks täielikult harjuda uue hääldusolukorraga. Mcauliffe, Robb ja Murdoch (2007: 893) leidsid samuti oma palatograafilises uurimuses, et uue hääldusolukorraga harjumine võib võtta isegi kuni kolm tundi aega ja et EPG katse jaoks peaks keelejuht hoidma palatograafi suus alates 45 minutist kuni 3 tunnini, et saada täpsemaid tulemusi.

Antud magistritöös tehtud katses oli keelejuhil suulagi 15 minutit enne katset suus. Selle põhjal võib hüpoteesida, et katse esimeses pooles on tehissuulae mõju häälikute kvaliteedile tugevam, kuid katse teises pooles hakkavad väärtused tagasi liikuma oma originaalväärtuste poole. Lisaks võib hüpoteesida, et keelejuht hääldab /l/-i tagapoolsemalt, mis tähendab madalamaid F_1 ja F_2 väärtusi. Kuna juhtmed takistavad suu täielikku sulgemist hüpoteesitakse, et F_3 sagedus on palatograafiga suurem.

2. Materjal ja meetod

2.1. Materjal

Magistritöö jaoks tehti Tallinna Tehnikaülikooli Küberneetika Instituudis katse, mis koosnes kahest osast. Mõlemas katse osas luges keelejuht paberile kirjutatud katsesõnu ja lauseid palatograafiga ning palatograafita. Katse esimene eesmärk oli uurida, kas palatograaf mõjutab keelejuhi häälikute kvaliteeti isoleeritult ja raamlausestes hääldatud katsesõnades. Katse teine eesmärk oli uurida ümbritsevate vokaalide, välte ja lausepositsiooni mõju keelejuhi /l/-i akustikale ja artikulatsioonile.

Katse esimeses pooles luges keelejuht kahesilbilisi ja VC(C)V struktuuriga isoleeritud katsesõnu, kus uuritav /l/ oli kolmes vältes, kahe silbi piiril. /l/-i ümbritsevad vokaalid olid /a, e, i, u/. Iga katsesõna hääldati kolm korda: lausungi alguses (LA), lausungi keskel (LK), lausungi lõpus (LL). Katse teises pooles luges keelejuht raamlauseid (vt lisa 1), mida kasutati minu bakalaureusetöös (Malmi 2014), kus uuritav kahesilbiline CVC(C)V katsesõna oli kolmes vältes, neljasõnalise lause keskel (LK) ja lõpus (LL).

Katses osalenud keelejuht oli Viljandis sündinud 38 aastase mees, kes töötab näitlejana. Keelejuht on peamiselt elanud Viljandis, kuid viimased 15 aastat Tallinnas.

2.2.Meetod

2.2.1. Protseduur

Palatograafiga katsetes kasutati M-Audio Microtrack 24/94 diktofoni, mis oli ühendatud AKG C444 mikrofoni. Palatograafita tehtud katsetes kasutati M-Audio mobile pro helikaarti ja Audiotechnica ATM33a mikrofoni. Palatograafiga tehtud katsete ajal oli

keelejuhil veel lisaks küljes larüngograaf. Enne katsesõnade hääldamist oli keelejuhil palatograaf suus umbes 15 minutit.

Akustilises analüüsis märgendati katsesõnad programmis Praat (Boersma Paul; Weenink, David 2016) ja võeti skriptiga vokaalide ja konsonandi F_1 , F_2 ja F_3 väärtused 10% sammuga. Saadud formantandmed kontrolliti käsitsi üle. Kui analüüsiti palatograafi mõju häälikute akustikale, kasutati ka F_3 sageduse andmeid, et näha, kas palatograaf mõjutab ka suu avatust. Vokaalide, välte ja lausepositsioonide mõju uurimisel /l/-i kvaliteedile kasutati ainult F_1 ja F_2 väärtusi, sest EPG3 suulae pealt saab infot ainult keele, mitte suu asendi kohta. Katse esimese poole andmete analüüsimisel kasutati hääliku 40–70% pealt saadud andmeid. Katse teise poole akustiliste andmete analüüsimisel kasutati V1 vokaali 40–100%, /l/-il 10–100% ja V2 vokaali 10–70% pealt võetud F_1 ja F_2 sagedusi.

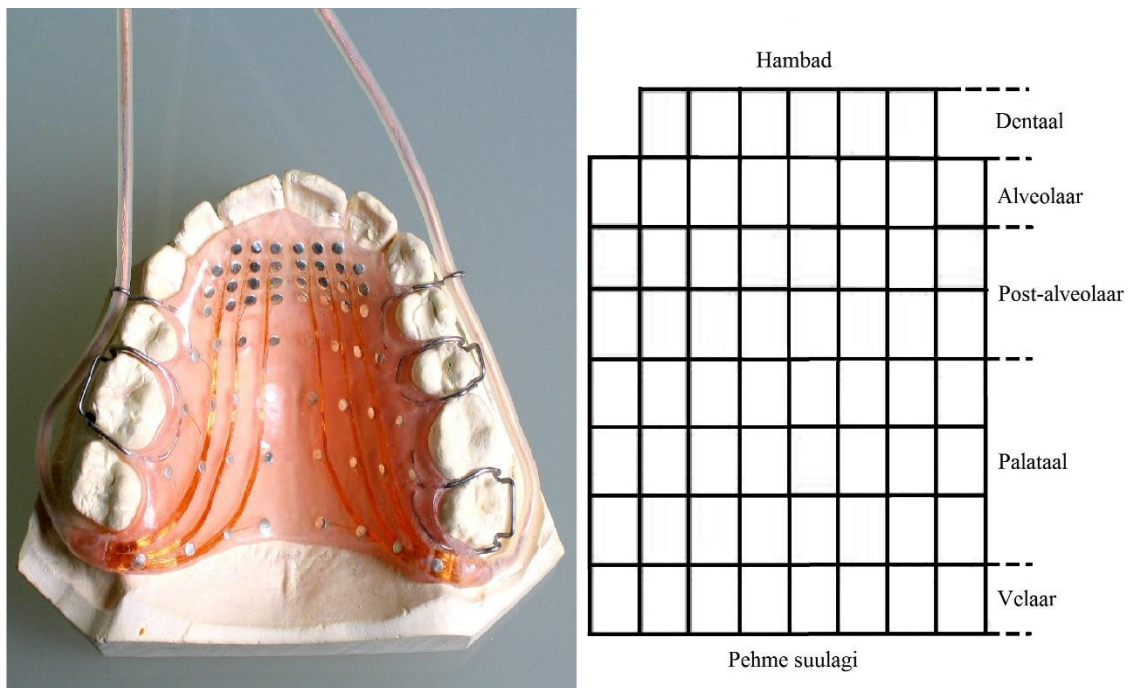
Statistiliseks analüüsiks kasutati R-is lineaarset regressioonianalüüsi, mis võimaldas uurida faktorite palatograaf (palat), välde (Q1- esimene välde, Q2 - teine välde, Q3 - kolmas välde) ja katsesõna lausepositsioonide (LA - lause alguses, LK - lause keskel, LL - lause lõpus) peamõjusid ja nende omavaheliste interaktsioonide mõju häälikute kvaliteedile. Palatograaf faktorina oli binominaalne tunnus, mis näitas, kas keelejuhil oli katsesõnade hääldamisel tehissuulagi suus või mitte. Artikulatsioonisalvestused tehti programmiga Articulate Assistant, kust saadud andmed teisendati andmeanalüüsiprogrammis R (R Core Team 2013) loetavaks. R-is joonistati ka hääliku temporaalse keskkoha pealt võetud palatogrammid ja koostati neile vastavad tabelid indeksitega. Indeksite statistiliseks analüüsiks kasutati kõiki mõõtmispunkte.

2.2.2. Elektropalatograaf (EPG)

Keelejuhi artikulatsioonistrateegiate välja selgitamiseks kasutati dünaamilise elektropalatograafia meetodit. Keelejuhile oli juba varasemalt tehtud EPG3 tehissuulagi, mis on väga õhuke (~1,5–2mm) suulagi, mille sees on 62 elektroodi kaheksas reas. Tehissuulae tegemiseks võeti keelejuhi suulaest jäljend, mille järgi tehti kipsist vorm. Vormi peale valati akrüülist kiht, mille külge kinnitati elektroodid. Tehissuulagi kinnitub

klambritega hammaste külge. EPG3 tehissuulagi registreerib keele liikumise reaalaajas ning võimaldab salvestada seotud kõnet. (Harrington 2010)

Iga elektrood tehissuulael (vt joonis 5) on ühendatud peenikese traadiga ja juhtmed jooksevad keelejuhi ülemiste hammaste tagant suust välja. Juhtmed ühendatakse arvutiga, mis registreerib binaarse signaalina selle, kas elektroodis on vool või ei ole. Iga kord kui keel puudutab elektroodi, sulgub vooluring. Suulae eesosas, hambasompude juures, on sensorid asetatud tihedamalt, et registreerida keeletipu kontakti võimalikult täpselt. Viimane rida asub keelejuhi kõva ja pehme suulae piiril.



Joonis 5. EPG3 tehissuulagi (paremal) ja suulae skeem (paremal)

EPG3 tehissuulae väljund on elektropalatogramm, mis toodetakse sagedusega 100 Hz, ehk üks palatogramm 10 millisekundi jooksul. Kahemõõtmelisel 8x8 suurusega elektropalatogrammil on tähistatud kontaktiala musta värviga ja kontakti puudumine valgega. (Harrington 2010) Artikulatsioonistrateegiate analüüsimiseks palatogrammidele kasutatakse nelja parameetrit (Harrington 2010: 241–243):

AI – on keele eespoolsuse indeks (in k *anteriority index*), mis väljendab seda, milline on keele kontaktiala suulae eesosas elektroodiridades 1–5. Need read ulatuvad hambasompudest (rida 1) kuni post-alveolaarse alani (rida 5). AI indeksiga võimalik näiteks analüüsida kahe sarnase häälduskohaga konsonandi artikulaatorset pinget suulaele. Suurem pinge väljendub keeletipu laiema kontaktialaga. Igal real on oma väärtus ning väärtus kahaneb esimesest reast viiendani 1st kuni 0ni. Suuremat kontaktiala tähistatakse suurema numbriga. Ridades 6–8 on AI väärtus 0.

CI – on keele keskkoha indeks (in k *centrality index*). See indeks väljendab seda, milline on keele kontaktiala suulae keskosas. Erinevalt AI-st vaadatakse siin tulpasid, mitte ridu. Seda indeksit saab rakendada selliste konsonantide uurimiseks, mille puhul vaadatakse keele keskosa vao kitsust või laiust. Kui keel puudutab üksikut tulpasid, siis nendel tulpadel mis on keskosas, on suurem väärtus. Mida laiem on keele lateraalne jaotus, seda väiksem on CI indeks. CI indeksi maksimumväärtus on samuti 1 ja minimaalne 0.

DI – on keeleselja indeks (in k *dorsopalatal index*). See indeks väljendab seda, milline on keele kontaktiala suulae keskosas viimases kolmes elektroodireas ehk palataalses ja postpalataalses suulae osas. Kui kõik 24 elektroodi on aktiveeritud ridades 6–8, siis DI saab väärtuse 1, kui 12 on aktiveeritud, siis DI väärtus on 0,5 jne.

COG – on keele keskkoha erikaal (in k *centre of gravity*). See indeks väljendab seda, milline on artikulaatorne jaotuvus suulae ees ja tagaosa vahel. Mida tagapoolsem on häälduskoht, seda madalam on COG indeks. COG indeks läheb 7,6st (kui ainult 1 rida on täidetud) kuni 0,5ni (kui rida 8 on üksinda täidetud), seda arvutatakse läbi kaalutud keskmise. COG järgib tihtipeale AI indeksit suhteliselt lähedaselt, kuid erinevalt AI-st, arvestab COG kõiki ridu ja nende kontakte. Samuti, erinevalt AI-st, annab COG suurema väärtuse üksikule kontaktile tagapoolsemas reas.

3. Tulemused

3.1. Palatograafi mõju vokaalide ja /l/-i kvaliteedile

3.1.1. Palatograafi mõju vokaalide ja /l/-i kvaliteedile isoleeritult hääldatud katsesõnades

Selleks et leida, kas palatograafi kasutamine mõjutab keelejuhi häälikute kvaliteeti, mõõdeti isoleeritult hääldatud VC(C)V katsesõnades vokaalide (V1, V2) ja konsonandi (C) kolme formandi väärtused. Saadud andmetest võeti keskmine ning kasutades lineaarset regressioonanalüüsi, vaadati palatograafi, kolme välte, lausepositsioonide (LA, LK, LL) peamõjusid ja nende interaktsioonide mõju vokaalide ja /l/-i esimese, teise ja kolmanda formandi (F_1 , F_2 , F_3) väärtustele. Mudelis oli baasväärtuseks esimene välde ja lausealguline positsioon (LA). Lisaks joonistati paremaks ülevaateks karpdiagrammid (vt jooniseid 5, 6, 7, 8), kus kujutati ainult palatograafi peamõju häälikute kvaliteedile. Lisas 2 on toodud vokaalide ja konsonandi kolme lausepositsiooni keskmised formantsagedused kolmes vältes.

Vokaal /a/ kontekst

Tabel 2. Lineaarse regressioonmudeliga arvutatud palatograafi (palat) mõju isoleeritult vokaal /a/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LA - alguses, LK - keskel, LL - lõpus) hääldatud häälikute F_1 , F_2 , F_3 väärtused hertsides. $p < 0,0001$ ***, $p < 0,001$ **, $p < 0,01$ *, $p > 0,01$ NS

Vokaal /a/	Mudeli raport	Mudeli väljund (baasväärtus Q1 LA + mõjud)
V1 F_1	($F(3, 14)=14,5$, $p < 0,0001$), $r^2 = 0,71$	571 +71 palat (***) +50 LK (**)
V1 F_2	($F(3, 14)=16,9$, $p < 0,000$), $r^2 = 0,74$	884 +48 palat (**) +91 LK (***) +97 LL (***)
V1 F_3	($F(5, 12)=22,2$, $p < 0,0001$), $r^2 = 0,86$	2251 +144 palat (**) +154 palat:LK (*) +167 palat:LL (*)
C F_1	($F(3, 14)=29,4$, $p < 0,0001$), $r^2 = 0,83$	484 +33 palat (*) -91 Q2 (***) -133 Q3 (***)

C F ₂	(F(7, 10)=28,9, p<0,0001), r ² =0,92	1007 +48 palat (NS) +69 Q2 (*) +89 Q3 (*) +48 LL (*) +160 palat:Q2 (**) +165 palat:Q3 (**)
C F ₃	(F(5, 12)=15,6, p<0,0001), r ² =0,81	2447 +33 palat (NS) +241 palat:Q2 (*) +289 palat:Q3 (**)
V2 F ₁	(F(3, 14)=13,1, p<0,0002) r ² =0,68	538 +52 palat (**) -47 Q2 (*) -167 Q3 (***)
V2 F ₂	(F(3, 14)=52,5, p<0,0001), r ² =0,90	978 +122 palat (***) +90 Q2 (***) +183 Q3 (***)
V2 F ₃	(F(11, 13)=10, p<0,02), r ² =0,88	2405 +10 palat (NS) +133 Q2 (*) +124 palat:Q2 (*) +119 palat:LK (*) -174 Q2:LL (*) -186 Q3:LK (*)

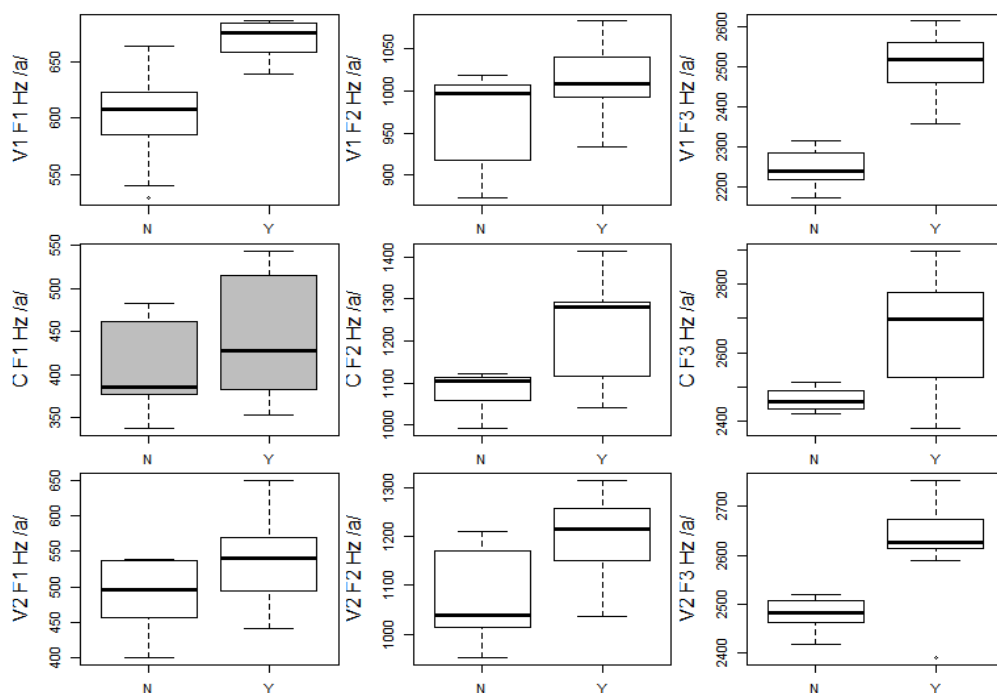
Esimese vokaali F₁ (vt tabel 2) 571 Hz väärtus tõusis 71 Hz (p<0,0001) kui keelejuhil oli palatograaf suus (vt tabel 2). Lisaks tõusis F₁ väärtus 50 Hz (p<0,001) LK katsesõnas. F₂ 884 Hz väärtus tõusis palatograafiga 48 Hz (p<0,0001) ja LK ning LL katsesõnades 91 Hz (p<0,0001) ning 97 Hz (p<0,0001). F₃ 2251 Hz väärtus tõusis palatograafiga 144 Hz. Lisaks olid olulised palatograafi ja lausepositsiooni interaktsioonid, kus LK ja LL katsesõnades tõusid F₃ väärtused 154 Hz (p<0,01) ja 167 Hz (p<0,01).

Konsonandi F₁ 484 Hz väärtus vokaal /a/ kontekstis oli palatograafiga suurem 33 Hz (p<0,01), kuid madalam teise vältega 91 Hz (p<0,0001) ja kolmanda vältega 133 Hz (p<0,0001). F₂ 1007 Hz väärtust tõstis palatograafi kasutamine 48 Hz, kuid see ei olnud statistiliselt oluline. F₂ väärtus tõusis teises vältes 69 Hz (p<0,01) ja kolmandas vältes 89 Hz (p<0,01) ning lauselõpulisel katsesõnas 48 Hz (p<0,01). Palatograafil olid olulised interaktsioonid teise ja kolmanda vältega, kus F₂ ja F₃ väärtused tõusid 160 Hz (p<0,001) ja 165 Hz (p<0,001). F₃ väärtus oli 2447 Hz ja palatograafiga oli see 33 Hz kõrgem, kuid see ei olnud statistiliselt oluline. Välte ja palatograafi interaktsioonides oli palatograafil oluline mõju teises ja kolmandas vältes, kus F₃ väärtus tõusis 241 Hz (p<0,01) ja 289 Hz (p<0,001).

Teise vokaali F₁ 538 Hz väärtus oli palatograafiga 52 Hz (p<0,001) kõrgem. Statistilises mudelis olid peamõjudena olulised ka teine (p<0,01) ja kolmas välde (p<0,001), kus F₁ väärtus vähenes 47 ja 167 Hz. F₂ 978 Hz väärtus oli palatograafiga 122 Hz (p<0,0001) kõrgem. Jällegi olid olulised teise ja kolmanda välte peamõjud (p<0,0001), millega F₂ väärtus tõusis 90 ja 183 Hz. F₃ puhul tõstis palatograafi kasutamine 2404 Hz-st F₃ väärtust

11 Hz ($p < 0,8$), kuid see ei olnud statistiliselt oluline. Oluline oli teise välte peamõju, millega F_3 väärtus tõusis 133 Hz ($p < 0,001$). Interaktsioonidest olid statistiliselt olulised palatograafi ja teise välte interaktsioon, kus F_3 väärtus tõusis 124 Hz ($p < 0,01$). Olulised olid ka teise välte ja katsesõna lauselõpulise katsesõna interaktsioon, kus F_3 vähenes 174 Hz ($p < 0,01$) ja kolmanda välte interaktsioon LK ($p < 0,01$) katsesõnaga, kus F_3 vähenes 186 Hz.

Lineaarses mudelis, kus oli arvestatud kõiki statistiliselt olulisi peamõjusid ja interaktsioone, mõjutas palatograaf kõiki formantsagedusi peale C F_2 – F_3 ja V2 F_3 sageduste, kuid kõikides nendes mudelites võis leida statistiliselt olulisi palatograafi interaktsioone teise ja kolmanda vältega, kus keskmised formantsagedused tõusid palatograafiga. Vokaal /a/ kontekstis hääldatud katsesõnades olid palatograafiga formantsagedused kõrgemad kui palatograafita hääldatud katsesõnades. Neid eeldusi kinnitasid ka karpdiagrammid (vt joonis 6), kus oli arvestatud ainult palatograafi peamõju vokaal /a/ kontekstis hääldatud häälikute kvaliteedile. Selles mudelis polnud statistiliselt oluline ainult C F_1 väärtus.



Joonis 6. Vokaal /a/ kontekstis hääldatud häälikute F_1 , F_2 , F_3 sagedused hertsides palatograafiga (Y) ja palatograafita (N) isoleeritud katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust

Vokaal /e/ kontekst

Tabel 3. Lineaarse regressioonimudeliga arvutatud palatograafi (palat) mõju isoleeritult vokaal /e/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LA - alguses, LK - keskel, LL - lõpus) hääldatud häälikute F₁, F₂, F₃ väärtused hertsides. p<0,0001 ***, p<0,001 **, p<0,01 *, p>0,01 NS

Vokaal /e/	Mudeli raport	Mudeli väljund (baasväärtus Q1 LA + mõjud)
V1 F ₁	(F(7, 10)=23,3, p<0,0001), r ² =0,90	373 +101 palat (***) +40 Q3 (*) +40 LK (**) +54 LL (***) -63 palat:Q3 (**)
V1 F ₂	(F(1, 16)=1,3, p<0,269), r ² =0,18	1901 +67 palat (NS)
V1 F ₃	(F(7, 10)=3,4, p<0,039), r ² =0,50	2676 -176 palat (NS) -226 Q2 (*) +482 palat:LL (*)
C F ₁	(F(9, 8)=14, p<0,0001), r ² =0,87	338 +51 palat (***) -85 Q2 (***) -85 Q3 (***) +57 Q2:LL (*)
C F ₂	(F(5, 12)=4, p<0,24), r ² =0,47	1667 +53 palat (NS) -160 LL (*) +235 palat:LL (*)
C F ₃	F(1, 16)=26, p<0,0001), r ² =0,59	2457 +344 palat (***)
V2 F ₁	(F(3, 14)=3, p<0,07), r ² =0,26	479 +26 palat (NS) -41 Q2 (*)
V2 F ₂	(F(11, 6)=12,7, p<0,003), r ² =0,88	1660 +26 palat (NS) +104 palat:LK (*) +172 palat:LL (**) -148 Q2:LL (*)
V2 F ₃	(F(7, 10)=10,4, p<0,0001), r ² =0,80	2383 +147 palat (NS) +156 Q3 (*) +271 palat:LL (*)

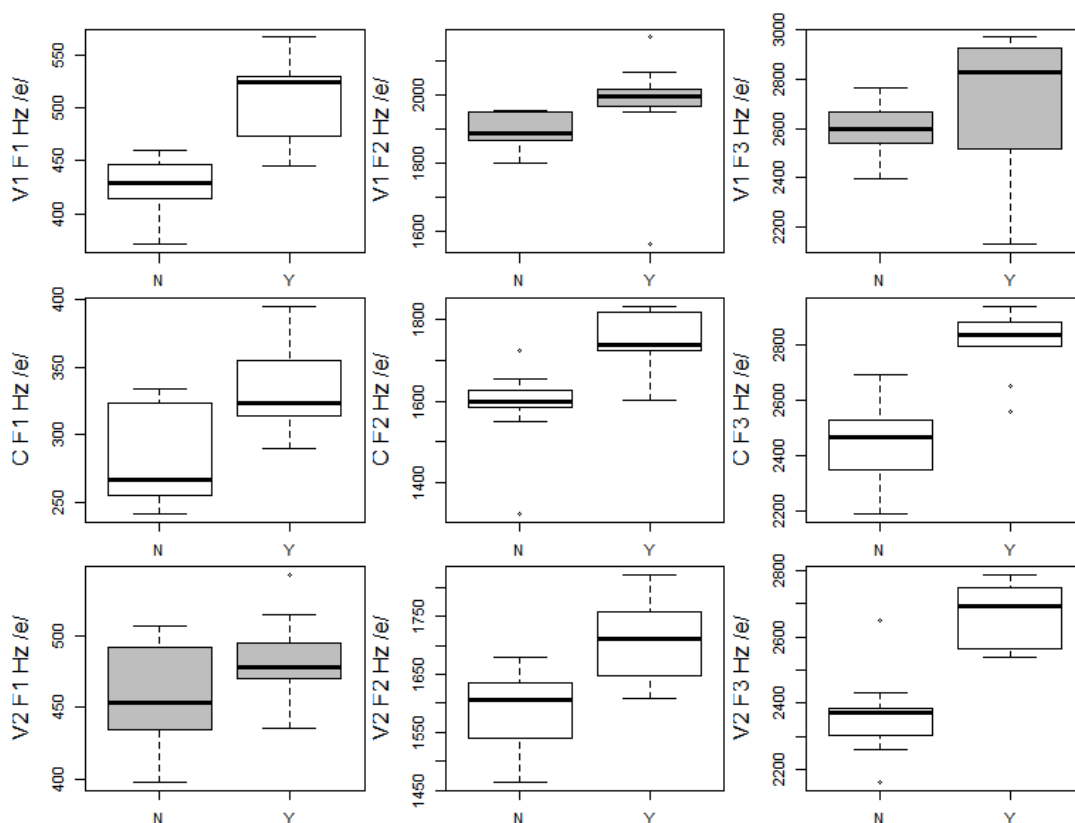
Esimese vokaali F₁ 373 Hz väärtus (vt tabel 3) oli palatograafiga 101 Hz (p<0,0001), kolmandas vältes 40 Hz (p<0,001) ning LK ja LL katsesõnades 40 Hz (p<0,01) ning 54 Hz (p<0,01) kõrgemad. Palatograafil oli oluline interaktsioon kolmanda vältega (p<0,001), kus F₁ väärtus langes 63 Hz. F₂ 1901 Hz väärtus oli palatograafiga 67 Hz (p<0,269) kõrgem, kuid see ei olnud statistiliselt oluline. F₃ puhul langetas palatograafi kasutamine 2676 Hz-st väärtust 176 Hz (p<0,21), kuid see ei olnud jällegi statistiliselt oluline. Statistiliselt oluline mõju oli teisel vältel, kus F₃ väärtus langes 226 Hz (p<0,01) ja palatograafi ning lauselõpulise katsesõna interaktsioonil (p<0,01), kus väärtus tõusis 482 Hz.

/l/-i F₁ 338 Hz väärtus vokaal /e/ kontekstis tõusis palatograafiga 51 Hz (p<0,0001). Statistiliselt olulised olid ka teise (p<0,0001) ja kolmanda välte (p<0,0001) peamõjud, millega F₁ väärtus langes mõlemas 85 Hz. F₁ väärtus tõusis teise välte ja lauselõpulise katsesõna interaktsioonis (p<0,01) 57 Hz (p<0,01). F₂ puhul tõstis palatograafi

kasutamine 1667 Hz-st väärtust 53 Hz ($p<0,49$), kuid mis ei olnud statistiliselt oluline. Oluline oli palatograafi ja LL katsesõna interaktsioon ($p<0,01$), millega F_2 väärtus tõusis 235 Hz. F_3 2457 Hz väärtust tõstis palatograafi kasutamine 345 Hz ($p<0,0001$).

Teise vokaali F_1 479 Hz väärtus oli palatograafiga 26 Hz ($p<0,09$) kõrgem, kuid statistiliselt ei olnud see oluline. Oluline peamõju oli teisel vältel ($p<0,01$), millega F_1 väärtus langes 41 Hz. F_2 1660 Hz väärtus oli palatograafiga 26 Hz ($p<0,33$) kõrgem, kuid nii väike muutus ei olnud statistiliselt oluline. F_2 väärtus oli 104 Hz ($p<0,01$) ja 172 Hz ($p<0,001$) kõrgem palatograafi ning LK ja LL ($p<0,001$) katsesõnade interaktsioonides. Teise vältel ja lauselõpulise katsesõna vahel oli samuti oluline interaktsioon ($p<0,01$), milles F_2 väärtus langes 148 Hz. F_3 puhul langetas palatograafi kasutamine 2373 Hz-st väärtust 147 Hz ($p<0,07$), kui mis ei olnud statistiliselt oluline. Oluline peamõju oli kolmandal vältel ($p<0,001$), millega F_3 väärtus tõusis 156 Hz. Palatograafi ja lauselõpulise katsesõna vahel oli oluline interaktsioon, millega F_3 väärtus tõusis 271 Hz ($p<0,01$).

Lineaarses mudelis, kus arvestati kõiki olulisi peamõjusid ja interaktsioone, ei olnud tehissuulael statistiliselt olulist mõju V1 F_2 – F_3 ; C F_2 ; V2 F_1 – F_3 sagedustele, kuid neljas neist (V1 F_3 ; C F_2 ; V2 F_2 – F_3) võis leida palatograafi ja lausepositsiooni interaktsioone, milles formantsagedused tõusid. Karpdiagrammid (vt joonis 7) erinesid mõnevõrra kõikide faktoritega lineaarsete mudelite ennustustest, millelt võib näha, et palatograafiga olid küll kõik formantsagedused kõrgemad, kuid palatograafil oli statistiliselt ebaoluline mõju V1 F_2 – F_3 ja V2 F_1 sagedustele.



Joonis 7. Vokaal /e/ kontekstis hääldatud häälikute F₁, F₂, F₃ sagedused hertsides palatograafia (Y) ja palatograafia (N) isoleeritud katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust

Vokaal /i/ kontekst

Tabel 4. Lineaarse regressioonimudeli arvutatud palatograafi (palat) mõju isoleeritult vokaal /i/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LA - alguses, LK - keskel, LL - lõpus) hääldatud häälikute F₁, F₂, F₃ väärtused hertsides. p<0,0001 ***, p<0,001 **, p<0,01 *, p>0,01 NS

Vokaal /i/	Mudeli raport	Mudeli väljund (baasväärtus Q1 LA + mõjud)
V1 F ₁	(F(3, 14)=24, p<0,0001), r ² =0,80	218 +90 palat (***) +69 LK (***) +52 LL (**)
V1 F ₂	(F(7, 10)=4,5, p<0,02), r ² =0,59	2478 -43 palat (NS) -84 Q2 (*) -103 LK (*) +157 palat:LK (*)
V1 F ₃	(F(3, 14)=3, p<0,073), r ² =0,25	3032 -81 palat (NS) -121 LL (*)
C F ₁	(F(1, 16)=49,6, p<0,0001), r ² =0,74	254 +58 palat (***)
C F ₂	(F(13, 4)=16,8, p<0,007), r ² =0,92	2318 +225 palat (**) +205 Q2 (**) +102 LK (*) +165 LL (**) -190 palat:Q2 (**) -6

		palat:LK (*) -223 Q2:LK (**) -224 Q2:LL (**) -224 Q3:LL (**)
C F ₃	(F(5, 12)=2, p<0,15), r ² =0,23	2642 +183 palat (*) -249 palat:Q2 (*)
V2 F ₁	(F(3, 14)=3, p<0,0001), r ² =0,65	291 +36 palat (***) +21 Q2 (*) +29 (**)
V2 F ₂	(F(7, 10)=18,4, p<0,0001), r ² =0,88	2055 +132 palat (**) -101 Q2 (*) -238 Q3 (**) -74 (*) -87 (**) +130 palat:Q3 (*)
V2 F ₃	(F(1, 16)=1 , p<0,33), r ² =0,007	2677 +60 palat (NS)

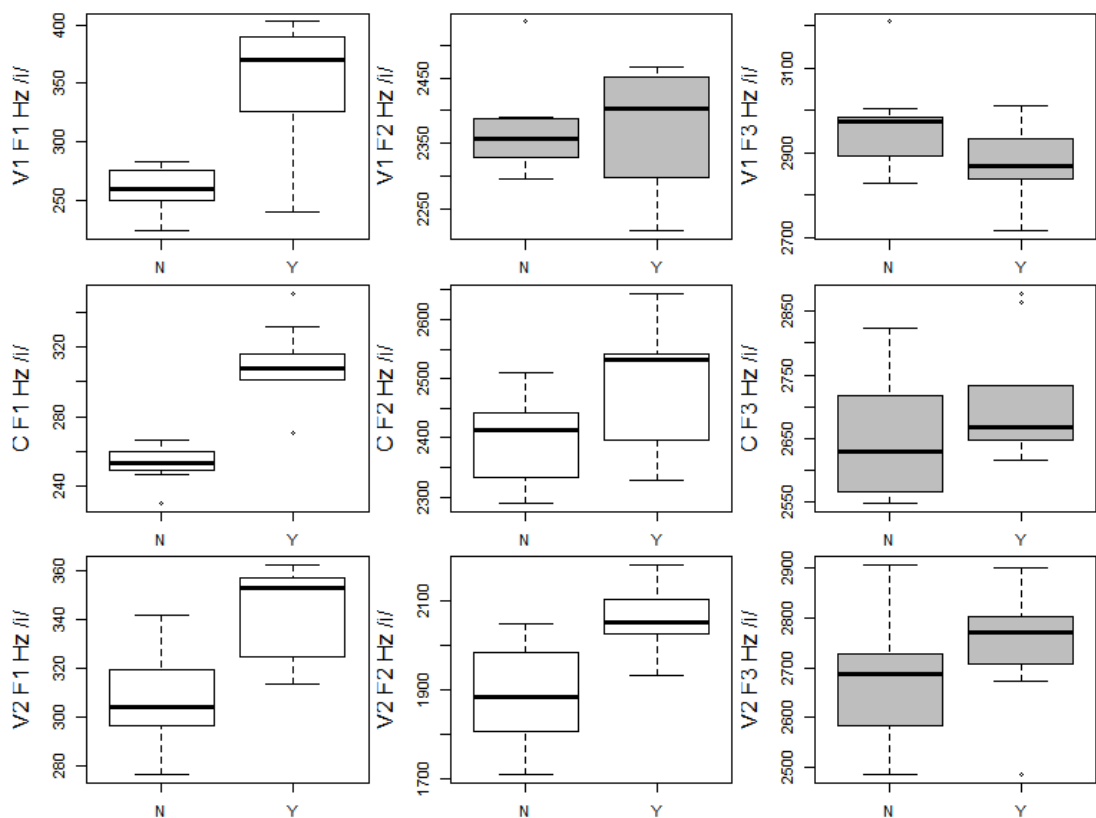
Esimese vokaali F₁ 218 Hz väärtus (vt tabel 4) tõusis palatograafi kasutamisega 90 Hz (p<0,0001). Olulised olid ka LK ja LL katsesõnade peamõjud, millega F₁ väärtused tõusid 69 (p<0,0001) ja 52 Hz (p<0,001). F₂ puhul langetas palatograafi kasutamine 2477 Hz-st väärtust 43 Hz (p<0,31), kuid mis ei olnud statistiliselt oluline. Olulised peamõjud olid teisel vältel ja LK katsesõnal, millega F₂ väärtused langesid 84 (p<0,01) ja 103 Hz (p<0,01). Oluline oli ka palatograafi ja LK katsesõna interaktsioon, millega F₂ väärtus tõusis 157 Hz (p<0,02). F₃ 3032 Hz väärtus tõusis palatograafiga 81 Hz (p<0,08), kuid see ei olnud statistiliselt oluline. Statistiliselt oluline peamõju F₃ väärtusele oli lauselõpulisel katsesõnal, millega F₃ langes 121 Hz (p<0,01).

Konsonandi F₁ puhul tõstis palatograafi kasutamine vokaal /i/ kontekstis 253 Hz-st väärtust 57 Hz (p<0,0001). F₂ 2318 Hz väärtus oli palatograafiga 225 Hz (p<0,001) kõrgem ning väärtused tõusid veel 205 Hz teise vältel (p<0,001), 102 Hz LK (p<0,01) ja 165 Hz LL (p<0,001) katsesõnade peamõjudes. F₂ väärtus langes 190 Hz palatograafi ja teise vältel (p<0,001) interaktsioonis ning 82 Hz teise vältel ja LK katsesõna (p<0,01) interaktsioonis. F₂ väärtused langesid veel 223 Hz teise vältel ja LK (p<0,001) ning 246 Hz LL katsesõnades (p<0,001) ja 225 Hz kolmanda vältel ja LL katsesõna interaktsioonis (p<0,001). F₃ 2642 Hz väärtus tõusis palatograafiga 183 Hz (p<0,01) ja langes palatograafi ja teise vältel (p<0,01) interaktsioonis 136 Hz.

Teise vokaali F₁ 291 Hz väärtus oli palatograafiga 36 Hz (p<0,0001) kõrgem. Olulised peamõjud olid veel teisel ja kolmandal vältel, millega F₁ väärtus tõusis 21 (p<0,01) ja 29 Hz (p<0,001). F₂ 2055 Hz väärtus oli palatograafiga 132 Hz (p<0,001) kõrgem, kuid langes 101 Hz teises (p<0,01) ja 239 Hz kolmandas vältel (p<0,0001) ning 74 Hz LK

($p < 0,01$) ja 87 Hz LL ($p < 0,001$) katsesõnades. Oluline oli veel palatograafi ja kolmanda välte interaktsioon, millega F_2 väärtus tõusis 130 Hz ($p < 0,01$). F_3 2678 Hz väärtus tõusis küll palatograafiga 60 Hz ($p < 0,33$), kuid see ei olnud statistiliselt oluline kvaliteedi mõjutaja.

Lineaarses mudelis, kus vaadati kõiki olulisi peamõjusid ja interaktsioone, polnud palatograafil statistiliselt olulist peamõju $V1 F_2-F_3$; $V2 F_3$ väärtustele. Neist ühes ($V1 F_2$) võis leida palatograafi ja lausepositsiooni interaktsiooni, kus vokaali F_2 väärtus tõusis. Kui vaadata palatograafi peamõju karpdiagramme (vt joonis 8), siis võib näha, et kõik formantsagedused peale $V1 F_3$ olid palatograafiga hääldatud katsesõnades kõrgemad. Statistiliselt polnud palatograafil olulist peamõju $V1 F_2-F_3$; $C F_3$ ja $V2 F_3$ väärtustele.



Joonis 8. Vokaal /i/ kontekstis hääldatud häälikute F_1 , F_2 , F_3 sagedused hertsides palatograafiga (Y) ja palatograafita (N) katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust

Vokaal /u/ kontekst

Tabel 5. Lineaarse regressioonimudeliga arvutatud palatograafi (palat) mõju isoleeritult vokaal /u/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LA - alguses, LK - keskel, LL - lõpus) hääldatud häälikute F₁, F₂, F₃ väärtused hertsides. p<0,0001 ***, p<0,001 **, p<0,01 *, p>0,01 NS

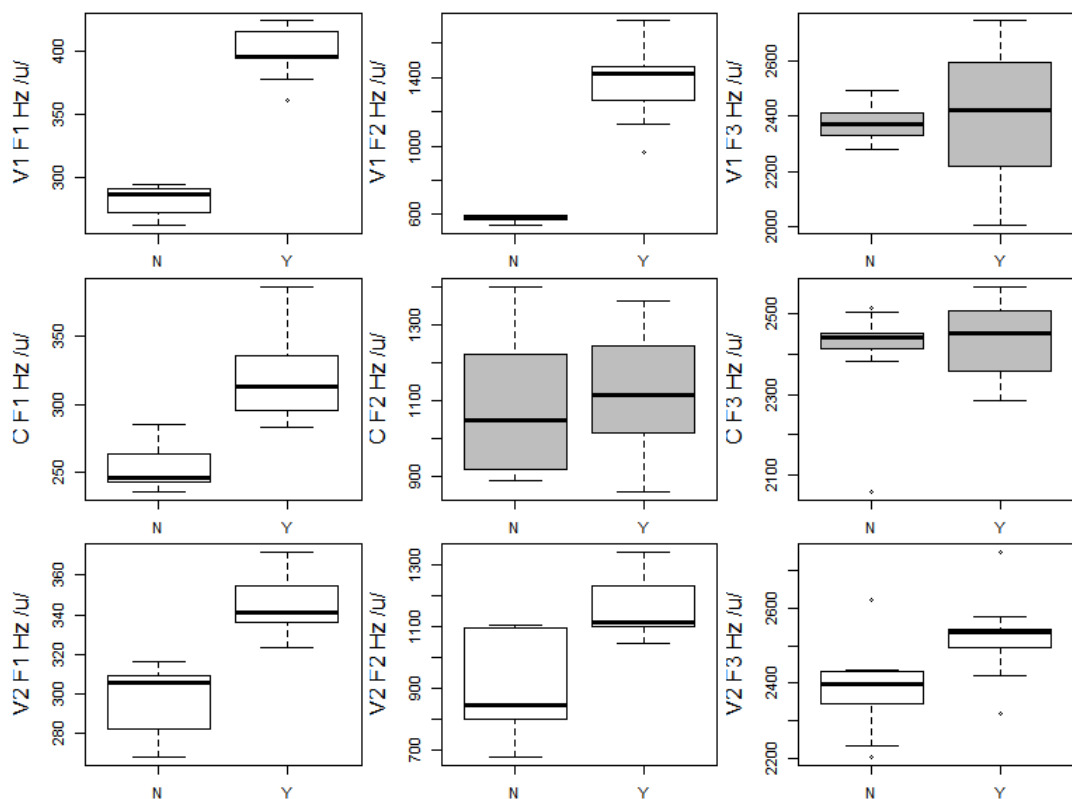
Vokaal /u/	Mudeli raport	Mudeli väljund (baasväärtus Q1 LA + mõjud)
V1 F ₁	(F(3, 14)=113, p<0,0001), r ² =0,95	268 +117 palat (***) +24 Q3 (**)
V1 F ₂	(F(1, 16)=93, p<0,0001), r ² =0,84	576 +810 palat (***)
V1 F ₃	(F(1, 16)=0,009, p<0,92), r ² =0,005	2379 +9 palat (NS)
C F ₁	(F(3, 14)=29, p<0,0001), r ² =0,83	242 +67 palat (***) +39 LL (**)
C F ₂	(F(3, 14)=2,6, p<0,094), r ² =0,29	946 +42 palat (NS) +194 Q2 (*) +209 Q3 (*)
C F ₃	(F(5, 12)=2,5, p<0,09), r ² =0,31	2448 -124 palat (NS) +289 palat:Q3 (*)
V2 F ₁	(F(8, 9)=19, p<0,0001), r ² =0,9	283 +49 palat (***) +23 Q3 (*) + 29 LL (*) - 57 Q3:LL (**)
V2 F ₂	(F(5, 12)=13, p<0,0001), r ² =0,78	773 +314 palat (***) +301 Q2 (***) -274 palat:Q2 (*)
V2 F ₃	(F(1, 16)=6,4, p<0,02), r ² =0,24	2380 +142 palat (*)

Esimese vokaali F₁ 268 Hz väärtus (vt tabel 5) tõusis palatograafiga 117 Hz (p<0,0001). Oluline oli ka kolmanda välte peamõju, millega F₁ väärtus tõusis 24 Hz (p<0,001). F₂ puhul langetas palatograafi kasutamine 576 Hz-st F₂ väärtust 809 Hz (p<0,0001). F₃ 2379 Hz väärtus tõusis palatograafiga 9 Hz (p<0,925), kuid see ei olnud statistiliselt oluline.

/l/-i F₁ 242 Hz väärtus tõusis vokaal /u/ kontekstis palatograafiga 67 Hz (p<0,0001). Teise peamõjuna oli oluline LL katsesõna mõju, millega F₁ väärtus tõusis 39 Hz (p<0,001). F₂ 946 Hz väärtus oli palatograafiga 42 Hz (p<0,56) kõrgem, kuid see ei olnud statistiliselt oluline. Olulised olid teise ja kolmanda välte peamõjud, millega F₂ väärtus tõusis 194 (p<0,01) ja 209 Hz (p<0,01). F₃ 2448 Hz väärtus vähenes palatograafi kasutamisega 125 Hz (p<0,13), kuid see ei olnud statistiliselt oluline. Oluline oli palatograafi ja kolmanda välte interaktsioon, millega F₃ väärtus tõusis 288 Hz (p<0,01).

Teise vokaali F_1 283 Hz väärtus tõusis palatograafiga 49 Hz ($p < 0,0001$), 23 Hz ($p < 0,01$) kolmanda välte ja 28 Hz ($p < 0,01$) LL katsesõna peamõjudega. Oluline oli ka kolmanda välte ja lauselõpulise katsesõna interaktsioon, millega F_1 väärtus langes 57 Hz ($p < 0,001$). F_2 774 Hz-st väärtust tõstis palatograafi kasutamine 314 Hz ($p < 0,0001$). F_2 väärtus tõusis 301 Hz ($p < 0,0001$) teise välte peamõjuga ja langes 273 Hz ($p < 0,01$) palatograafi ning teise välte interaktsioonis. F_3 2381 Hz väärtust tõstis palatograafi kasutamine 142 Hz ($p < 0,01$).

Lineaarses mudelis, kus oli arvestatud kõiki statistiliselt olulisi peamõjusid ja interaktsioone, polnud palatograafil statistiliselt olulist mõju $V_1 F_3$; $C F_2$ – F_3 väärtustele. Neist ainult ühes ($C F_3$) oli siiski olemas palatograafi ja kolmanda välte interaktsioon, kus /l/-i F_3 väärtus tõusis. Karpdiagrammid (vt joonis 9) ennustavad sama mis kõikide faktoritega lineaarsed mudelid. Üldiselt oli näha, et palatograafiga olid kõik formantsagedused katsesõnades kõrgemad.



Joonis 9. Vokaal /u/ kontekstis hääldatud häälikute F_1 , F_2 , F_3 sagedused hertsides palatograafiga (Y) ja palatograafita (N) katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust

Lineaarsetest mudelitest selgus, et palatograafil oli oluline mõju keelejuhi hääldusele ja häälikute akustilisele kvaliteedile. Peamiselt tõstis palatograaf keskmisi formantsagedusi. Sama kinnitasid karpdiagrammid, kus oli kujutatud ainult palatograafi peamõju häälikute kvaliteedile. Mõnel juhul ilmnas, et palatograafiga olid formantsagedused väiksemad. Näiteks vokaal /e/ kontekstis V1 F₁,F₃, vokaal /i/ kontekstis V1 F₂–F₃ ja /u/ kontekstis /l/-i F₃, kus viimases siiski väärtus tõusis kolmanda välte ja palatograafi interaktsioonis. Selleks, et kontrollida nende eelduste kehtivust ning, et saada täpsemaid andmeid artikulatsiooni kohta, luges keelejuht lisaks minu bakalaureusetöö raamlauseid.

3.1.2. Palatograafi mõju vokaalide ja /l/-i kvaliteedile raamlausetes hääldatud katsesõnades

Selleks, et leida, kas tehissuula kasutamine tõstab ka raamlausetes hääldatud CVC(C)V katsesõnades keelejuhi häälikute formantsagedusi, mõõdeti samamoodi (V1, C2 ja V2) vokaalide ja konsonandi kolme formandi väärtused. Saadud andmetest võeti keskmine ning kasutades lineaarset mudelit, vaadati palatograafi, välte, lausepositsioonide (LK, LL) peamõjusid ja nende interaktsioonide mõju häälikute F₁, F₂, F₃ sagedustele. väärtustele. Mudelis oli baasväärtuseks esimene valde ja lause keskel olev katsesõna (LK). Lisaks joonistati paremaks ülevaateks karpdiagrammid, kus vaadati ainult palatograafi peamõju häälikute kvaliteedile. Lisas 3 on toodud vokaalide ja konsonandi kahe lausepositsiooni keskmised formantsagedused kolmes vältes.

Vokaal /a/ kontekst

Tabel 6. Lineaarse regressioonmudeliga arvutatud palatograafi (palat) mõju raamlausetes vokaal /a/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LK - keskel, LL - lõpus) hääldatud häälikute F₁, F₂, F₃ väärtused hertsides. p<0,0001 ***, p<0,001 **, p<0,01 *, p>0,01 NS

Vokaal /a/	Mudeli raport	Mudeli väljund (baasväärtus Q1 LK + mõjud)
V1 F ₁	(F(5, 6)=3, p<0,11), r ² =0,48	524 +70 palat (*) -78 palat:Q3 (*)
V1 F ₂	(F(1, 10)=0,40, p<0,54), r ² = -0,06	1072 +25 palat (NS)

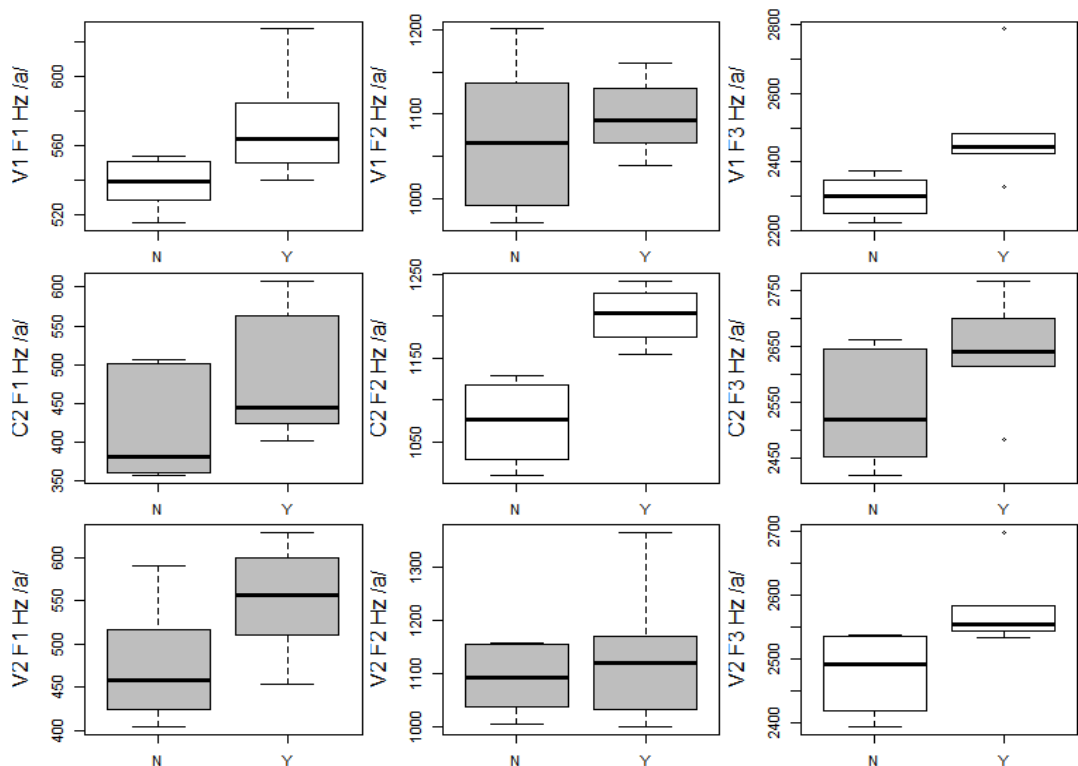
V1 F ₃	(F(1, 10)=7,4, p<0,02), r ² =0,38	2299 +186 palat (*)
C2 F ₁	(F(3, 8)=48,1, p<0,0001), r ² =0,93	511 +66 palat (***) -142 Q2 (***) -146 Q3 (***)
C2 F ₂	(F(1, 10)=24, p<0,001), r ² =0,68	1073 +128 palat (***)
C2 F ₃	(F(1, 10)=3,3, p<0,1), r ² =0,17	2536 +104 palat (NS)
V2 F ₁	(F(8, 3)=80, p<0,002), r ² =0,98	597 +24 palat (NS) -172 Q2 (***) -122 Q3 (**) -87 LL (**) +136 palat:Q2 (**) +102 Q2:LL (**)
V2 F ₂	(F(4, 7)=9, p<0,01), r ² =0,74	1057 +44 palat (NS) +178 Q3 (**) -95 LL (*)
V2 F ₃	(F(1, 10)=8,1, p<0,02), r ² =0,39	2478 +99 palat (*)

Esimese vokaali F₁ 524 Hz väärtus (vt tabel 6) tõusis, kui keelejuhil oli palatograaf suus 70 Hz (p<0,01), kuid vastupidine tendents oli palatograafi ja kolmanda välte interaktsioonis, kus F₁ väärtus vähenes 78 Hz (p<0,01). F₂ 1072 Hz väärtus tõusis palatograafiga 25 Hz (p<0,5), kuid see ei olnud statistiliselt oluline. F₃ 2299 Hz väärtus tõusis palatograafiga 186 Hz (p<0,01).

/l/-i F₁ 511 Hz väärtus oli palatograafiga kõrgem 66 Hz (p<0,0001), kuid madalam teise vältega 142 Hz (p<0,0001) ja kolmanda vältega 146 Hz (p<0,0001). F₂ 1073 Hz-st väärtust tõstis palatograafi kasutamine 128 Hz (p<0,0001). F₃ 2536 Hz väärtus oli palatograafiga 104 Hz (p<0,1) kõrgem, kuid see ei olnud statistiliselt oluline.

Teise vokaali F₁ 597 Hz väärtus oli palatograafiga 24 Hz kõrgem, kuid see ei olnud statistiliselt oluline. Statistilises mudelis olid peamõjudena olulised teine ja kolmas välde ja LL katsesõna, kus F₁ väärtus vähenes 172 (p<0,0001), 122 Hz (p<0,001) ja 87 Hz (p<0,001). F₁ väärtus oli 136 Hz (p<0,001) kõrgem palatograafi ja teise välte interaktsioonis ja 102 Hz (p<0,001) kõrgem teise välte ja LL katsesõna interaktsioonis. F₂ 1057 Hz väärtus oli palatograafiga 44 Hz (p<0,2) kõrgem, kuid see ei olnud statistiliselt oluline mõjutaja. Olulised olid kolmanda välte ja LL katsesõna peamõjud, millega F₂ väärtus tõusis 178 Hz (p<0,001) ja langes 95 Hz (p<0,01). F₃ puhul tõstis palatograafi kasutamine 2478 Hz-st F₃ väärtust 99 Hz (p<0,01).

Lineaarses mudelis, kus olid kõik olulised peamõjud ja interaktsioonid, ei mõjutanud palatograaf keelejuhi V1 F₂; C F₃; V2 F₁–F₂ väärtusi. Nendes mudelites, kus palatograafil polnud statistiliselt olulist mõju, võis leida palatograafi mõju ainult V2 F₁ väärtusele teises vältes, kus keskmine väärtus tõusis. Karpdiagrammidelt (vt joonis 10) on näha, et peale V2 vokaali F₂ väärtuse olid formantsagedused palatograafiga hääldatud katsesõnades kõrgemad. Võrreldes isoleeritult hääldatud katsesõnadega oli nendes mudelites rohkem statistiliselt ebaolulisi palatograafi peamõjusid. Raamlausetes oli statistiliselt ebaoluline palatograafi peamõju V1 F₂; C2 F₁, F₃; V2 F₁–F₂ sagedustele, mis vastas peaaegu kõikide faktoritega lineaarsete mudelite eeldustele.



Joonis 10. Vokaal /a/ kontekstis raamlausetes hääldatud häälikute F₁, F₂, F₃ sagedused hertsides palatograafiga (Y) ja palatograafita (N) katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust

Vokaal /e/ kontekst

Tabel 7. Lineaarse regressioonimudeliga arvutatud palatograafi (palat) mõju raamlausetes vokaal /e/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LL - lõpus) hääldatud häälikute F₁, F₂, F₃ väärtused hertsides. p<0,0001 ***, p<0,001 **, p<0,01 *, p>0,01 NS

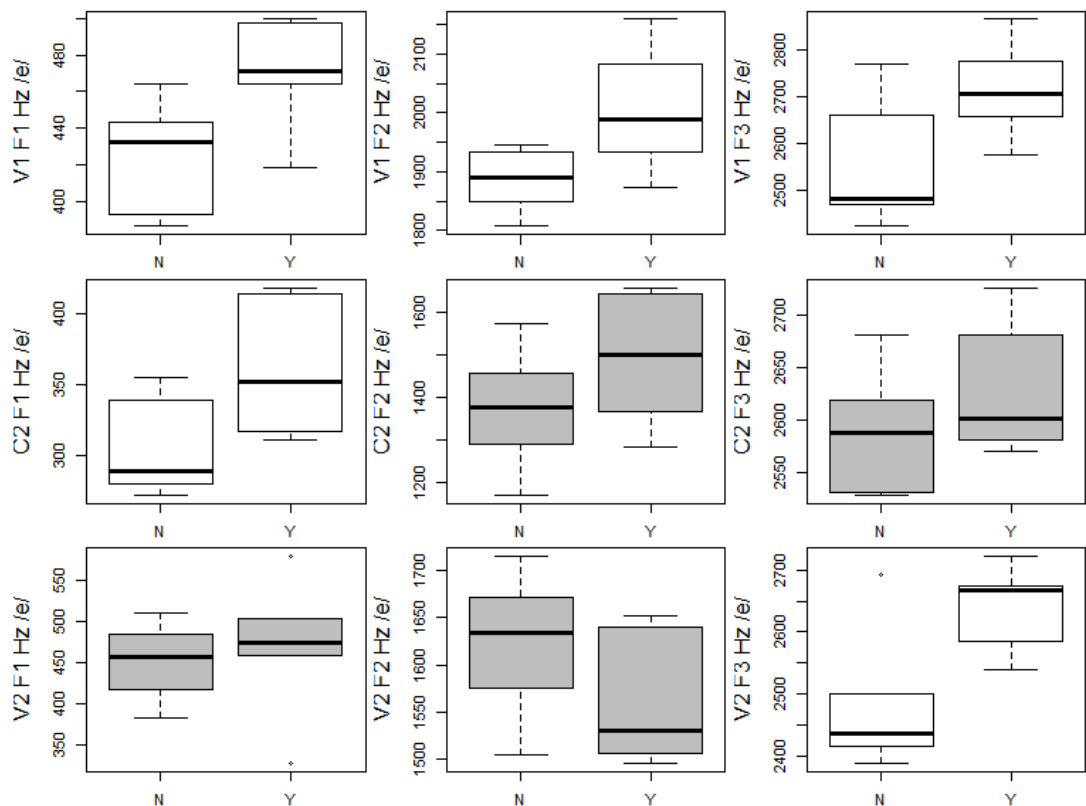
Vokaal /e/	Mudeli raport	Mudeli väljund (baasväärtus Q1 LK + mõjud)
V1 F ₁	(F(6, 5)=13, p<0,01), r ² =0,87	423 +45 palat (**) -40 Q2 (*) +34 LL (**) -48 Q3:LL (*)
V1 F ₂	(F(1, 10)=6, p<0,03), r ² =0,31	1885 +118 palat (*)
V1 F ₃	(F(6, 5)=27, p<0,001), r ² =0,94	2443 +135 palat (*) +235 Q2 (**) +77 LL (*) +155 palat:Q3 (*)
C2 F ₁	(F(3, 8)=6, p<0,02), r ² =0,56	339 +56 palat (*) -65 Q3 (*)
C2 F ₂	(F(1, 10)=2, p<0,2), r ² =0,08	1373 +118 palat (NS)
C2 F ₃	F(1, 10)=1,1, p<0,3), r ² =0,01	2589 +37 palat (NS)
V2 F ₁	(F(1, 10)=0,2, p<0,7), r ² =-0,08	451 +18 palat (NS)
V2 F ₂	(F(4, 7)=4, p<0,05), r ² =0,54	1711 -63 palat (NS) -89 Q2 (*) -73 LL (*)
V2 F ₃	(F(1, 10)=9,6, p<0,01), r ² =0,44	2477 +165 palat (*)

Esimese vokaali F₁ 423 Hz väärtus (vt tabel 7) oli palatograafiga 45 Hz (p<0,001) kõrgem, teise vältega 40 Hz (p<0,01) madalam ja LL katsesõnas 48 Hz (p<0,01) madalam. Kolmandal vältel oli oluline interaktsioon LL katsesõnaga, F₁ väärtus langes 48 Hz (p<0,01). F₂ 1885 Hz väärtus oli palatograafiga 118 Hz (p<0,01) kõrgem. F₃ 2443 Hz väärtus oli palatograafiga 135 Hz (p<0,01), 235 Hz (p<0,001) teises vältes ja 77 Hz (p<0,01) LL katsesõnas kõrgemad. F₃ väärtus tõusis palatograafi ja kolmanda välte interaktsioonis 155 Hz (p<0,01).

Konsonandi F₁ 339 Hz väärtus tõusis palatograafiga 56 Hz (p<0,01) ja langes 65 Hz (p<0,01) kolmanda vältega. F₂ puhul tõstis palatograafi kasutamine 1373 Hz-st väärtust 118 Hz (p<0,2), kuid see ei olnud statistiliselt oluline mõju. F₃ 2589 Hz väärtust tõstis palatograafi kasutamine 37 Hz (p<0,3), kuid see ei olnud samuti statistiliselt oluline.

Teise vokaali F_1 451 Hz väärtus oli palatograafiga 18 Hz ($p < 0,7$) kõrgem, kuid statistiliselt ei olnud see oluline mõju. F_2 1711 Hz väärtus oli palatograafiga 63 Hz ($p < 0,07$) madalam, kuid see ei olnud jällegi statistiliselt oluline. F_2 väärtus oli madalam 89 Hz ($p < 0,01$) teises vältes ja 73 Hz ($p < 0,01$) LL katsesõnas. F_3 puhul tõstis palatograafi kasutamine 2477 Hz-st väärtust 165 Hz ($p < 0,01$), olles ainuke statistiliselt oluline kvaliteedi mõjutaja.

Lineaarses mudelis, kus olid kõik olulised peamõjud ja interaktsioonid, olid ebaolulised samad formantsagedused, mis lihtsalt palatograafi peamõjuga mudelis. Mudelites, kus palatograafil polnud statistiliselt olulist peamõju, ei olnud tal ka teiste faktoritega statistiliselt olulisi interaktsioone. Karpdiagrammid (vt joonis 11) vastavad kõikide faktoritega lineaarsete mudelite eeldustele ning nendelt selgus, et palatograafiga oli peale V2 F_2 väärtuse kõik formantsagedused kõrgemad. Nendes ja keerulisemates lineaarsetes mudelites polnud palatograafil mõju C2 F_2 – F_3 ; V2 F_1 – F_2 väärtustele.



Joonis 11. Vokaal /e/ kontekstis raamlausetes hääldatud häälikute F_1 , F_2 , F_3 sagedused hertsides palatograafiga (Y) ja palatograafita (N) katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust

Vokaal /i/ kontekst

Tabel 8. Lineaarse regressioonimudeliga arvatud palatograafi (palat) mõju raamlausetes vokaal /i/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LK - keskel, LL - lõpus) hääldatud häälikute F₁, F₂, F₃ väärtused hertsides. p<0,0001 ***, p<0,001 **, p<0,01 *, p>0,01 NS

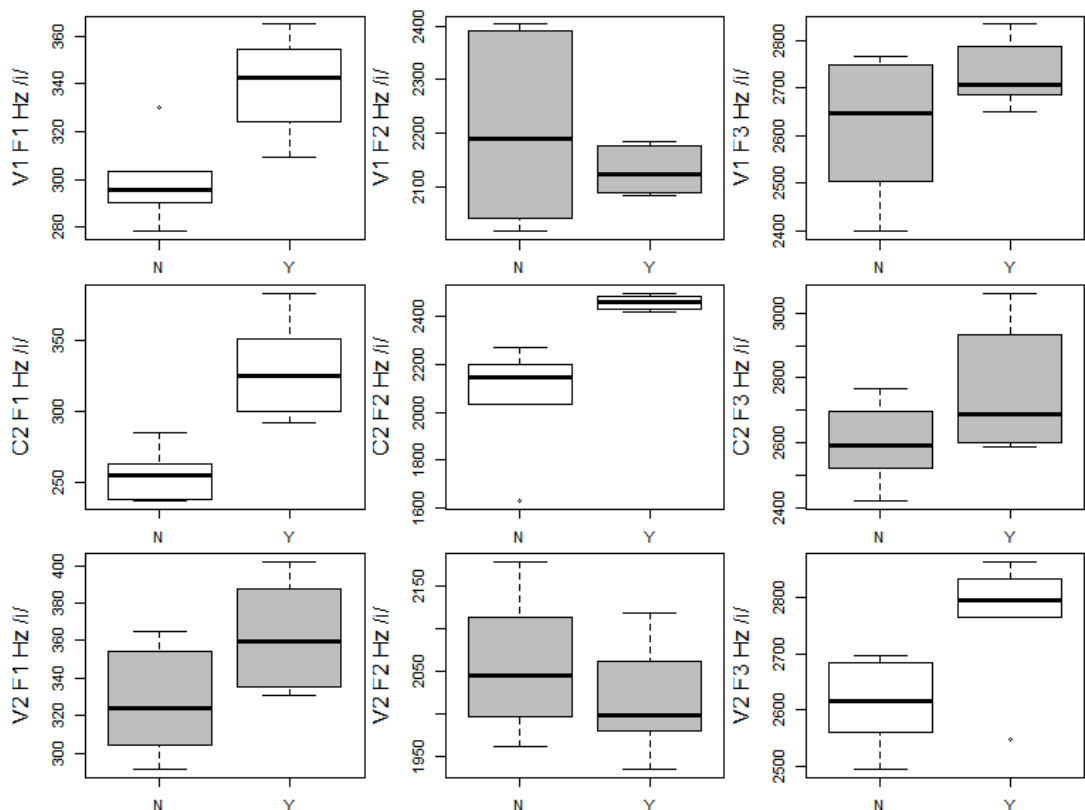
Vokaal /i/	Mudeli raport	Mudeli väljund (baasväärtus Q1 LK + mõjud)
V1 F ₁	(F(1, 10)=14, p<0,004), r ² =0,54	299 +40 palat (**)
V1 F ₂	(F(6, 5)=2,1, p<0,2), r ² =0,38	2330 -74 palat (NS) +433 Q2:LL (*)
V1 F ₃	(F(6, 5)=4, p<0,07), r ² =0,62	2744 +111 palat (NS) -206 Q2 (*) -275 LL (*) +449 Q2:LL (*) +357 Q3:LL (*)
C2 F ₁	(F(1, 10)=20, p<0,001), r ² =0,63	254 +74 palat (**)
C2 F ₂	(F(1, 10)=17, p<0,002), r ² =0,59	2318 +225 palat (**)
C2 F ₃	(F(1, 10)=3, p<0,1), r ² =0,14	2598 +161 palat (NS)
V2 F ₁	(F(1, 10)=4,5, p<0,06), r ² =0,24	327 +36 palat (NS)
V2 F ₂	(F(1, 10)=1, p<0,4), r ² =-0,003	2056 -41 palat (NS)
V2 F ₃	(F(1, 10)=7, p<0,02), r ² =0,37	2611 +154 palat (*)

Esimese vokaali F₁ 299 Hz väärtus (vt tabel 8) tõusis palatograafiga 40 Hz (p<0,001). F₂ 2330 Hz väärtus langes palatograafiga 74 Hz (p<0,3), kuid mis ei olnud statistiliselt oluline. Oluline oli teise välte ja LL katsesõna interaktsioon, millega F₂ väärtus tõusis 433 Hz (p<0,01). F₃ 2744 Hz väärtus tõusis palatograafiga 111 Hz (p<0,08), kuid see ei olnud statistiliselt oluline. Statistiliselt olulised peamõjud F₃ väärtustele olid teise välte ja LL katsesõna mõjud, millega F₃ väärtus langes 206 (p<0,01) ja 275 Hz (p<0,01). Olulised olid ka teise ja kolmanda välte interaktsioonid LL katsesõnadega, kus F₃ väärtus tõusis 449 Hz (p<0,01) ja 357 Hz (p<0,01).

/l/-i F₁ puhul tõstis palatograafi kasutamine 254 Hz-st väärtust 74 Hz (p<0,001). F₂ 2318 Hz väärtus oli palatograafiga 225 Hz (p<0,001) kõrgem, mis vastab täpselt isoleeritult hääldatud katsesõnade väärtusele. F₃ 2598 Hz väärtus tõusis palatograafiga 161 Hz (p<0,1), kuid mis ei olnud statistiliselt oluline mõjutaja.

Teise vokaali F_1 327 Hz väärtus oli palatograafiga 36 Hz ($p < 0,06$) kõrgem, kuid see polnud statistiliselt oluline. Oluline polnud ka palatograafi mõju F_2 2056 Hz väärtusele, millega F_2 langes 41 Hz. F_3 2611 Hz väärtus tõusis palatograafiga 154 Hz ($p < 0,01$), olles statistiliselt ainuke mõjutaja.

Lineaarses mudelis, kus vaadati kõiki olulisi peamõjusid ja interaktsioone, polnud palatograafil statistiliselt olulist mõju samadele formantväärtustele, mis lihtsamas lineaarses mudelis (vt joonis 12). Nendes mudelites, kus palatograafil polnud statistiliselt olulist mõju formantväärtustele, ei olnud ka olulisi palatograafi interaktsioone teiste faktoritega. Karpdiagrammidelt (vt joonis 12) on näha, et kõik formantsagedused peale V1 ja V2 F_2 väärtuste olid palatograafiga hääldatud katsesõnades kõrgemad. Statistiliselt polnud olulised V1 F_2 – F_3 ; C F_3 ja V2 F_1 – F_2 väärtused. Täpselt samad tulemused olid ka isoleeritult hääldatud katsesõnades.



Joonis 12. Vokaal /i/ kontekstis raamlausetes hääldatud häälikute F_1 , F_2 , F_3 sagedused hertsides palatograafiga (Y) ja palatograafita (N) katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust

Vokaal /u/ kontekst

Tabel 9. Lineaarse regressioonimudeliga arvutatud palatograafi (palat) mõju raamlausestes vokaal /u/ kontekstis kolmes vältes (Q1, Q2, Q3), kolmes lausepositsioonis (LK - keskel, LL - lõpus) hääldatud häälikute F₁, F₂, F₃ väärtused hertsides. p<0,0001 ***, p<0,001 **, p<0,01 *, p>0,01 NS

Vokaal /u/	Mudeli raport	Mudeli väljund (baasväärtus Q1 LK + mõjud)
V1 F ₁	(F(3, 8)=9, p<0,007), r ² =0,68	324 +62 palat (*) +89 Q2 (**)
V1 F ₂	(F(2, 9)=32, p<0,0001), r ² =0,85	706 +156 palat (***) +50 LL (*)
V1 F ₃	(F(1, 10)=0,008, p<0,93), r ² =0,005	2487 +6 palat (NS)
C2 F ₁	(F(7, 4)=14, p<0,01), r ² =0,89	284 +89 palat (**) +73 LL (*) -56 palat:LL (*) -73 Q3:LL (*)
C2 F ₂	(F(3, 8)=3,6, p<0,09), r ² =0,294	1098 -72 palat (NS) +133 Q2 (*)
C2 F ₃	(F(5, 6)=52, p<0,0001), r ² =0,96	2345 +192 palat (**) +500 Q2 (***) +137 Q3 (***) -285 palat:Q2 (**)
V2 F ₁	(F(6, 5)=3, p<0,14), r ² =0,49	344 +9 palat (NS) +54 Q3 (*) + 62 LL (*) -108 Q3:LL (*)
V2 F ₂	(F(4, 7)=16, p<0,001), r ² =0,84	661 +73 palat (*) +124 Q2 (*) +261 Q3 (***) +95 LL (*)
V2 F ₃	(F(9, 2)=96, p<0,01), r ² =0,99	2617 -55 palat (*) -169 Q2 (**) -107 Q3 (*) -130 LL (**) +161 palat:LL (**) +125 Q3:LL (*)

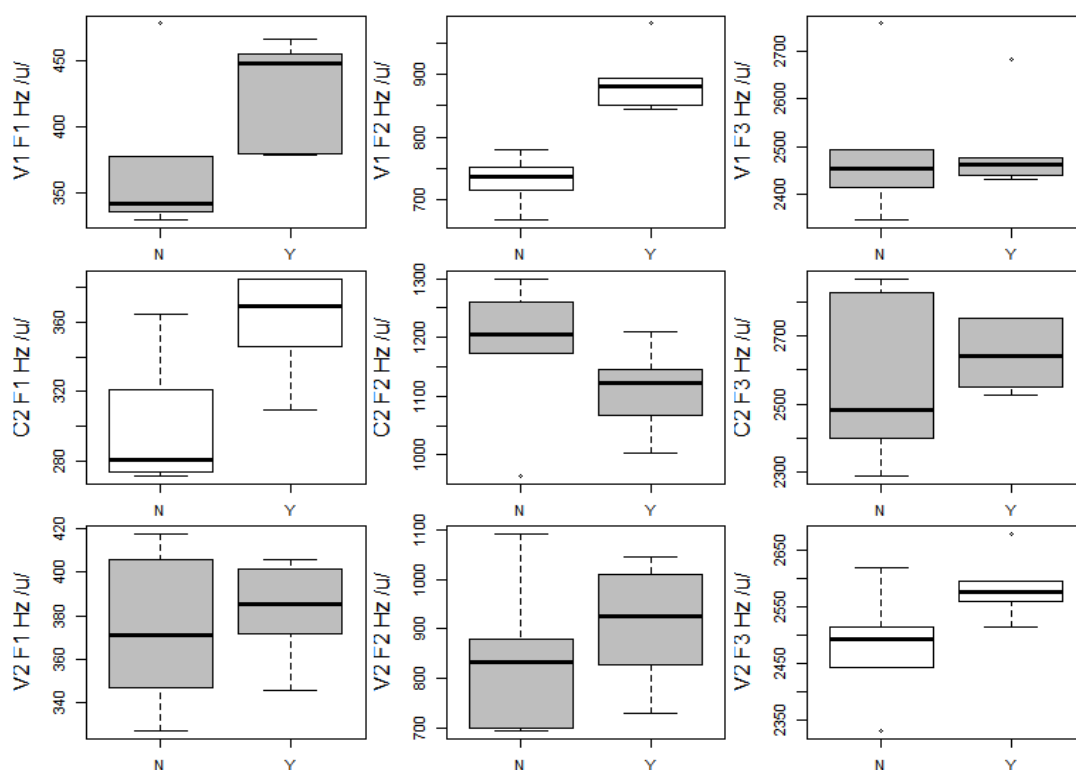
Esimese vokaali F₁ 324 Hz väärtus (vt tabel 9) tõusis palatograafiga 62 Hz (p<0,01). Oluline oli ka teise välte peamõju, millega F₁ väärtus tõusis 89 Hz (p<0,001). F₂ puhul tõusis palatograafiga 706 Hz F₂ väärtus 156 Hz (p<0,0001) ja 50 Hz (p<0,01) LL katsesõnas. F₃ 2487 Hz väärtus tõusis 6 Hz (p<0,9), kuid see ei olnud statistiliselt oluline mõju.

Konsonandi F₁ 284 Hz väärtus tõusis palatograafiga 89 Hz (p<0,001). Peamõjuna oli oluline LL katsesõna mõju, millega F₁ väärtus tõusis 73 Hz (p<0,01). F₁ väärtus langes 56 Hz (p<0,01) palatograafi ja LL katsesõna ning 73 Hz (p<0,01) kolmanda välte ja LL katsesõna interaktsioonides. F₂ 1098 Hz väärtus langes samuti palatograafiga 72 Hz (p<0,2), kuid see ei olnud statistiliselt oluline. Oluline oli teise välte peamõju, millega F₂ väärtus tõusis 133 Hz (p<0,01). F₃ 2345 Hz väärtus tõusis palatograafi kasutamise 192 Hz (p<0,001). Peamõjudena olid olulised teine ja kolmas välde, millega F₃ väärtus tõusis

500 Hz ($p < 0,0001$) ja 137 Hz ($p < 0,001$). Oluline oli ka palatograafi ja teise välte interaktsioon, millega F_3 väärtus langes 285 Hz ($p < 0,001$).

Teise vokaali F_1 344 Hz väärtus tõusis palatograafiga 9 Hz ($p < 0,5$), kuid see ei olnud statistiliselt oluline. Olulised peamõjud olid kolmandal vältel ja LL katsesõnal, millega F_1 väärtus tõusis 54 Hz ($p < 0,01$) ja 62 Hz ($p < 0,01$). Kolmanda välte ja LL katsesõna interaktsioonis langes F_1 väärtus 108 Hz ($p < 0,01$). F_2 661 Hz-st väärtust tõstis palatograafi kasutamine 73 Hz ($p < 0,01$). Olulised peamõjud olid ka teisel ja kolmandal vältel ja LL katsesõnal, millega F_2 väärtus tõusis 124 Hz ($p < 0,01$), 261 Hz ($p < 0,0001$) ja 95 Hz ($p < 0,01$). F_3 2617 Hz väärtus langes palatograafiga 55 Hz ($p < 0,01$), teises vältes 169 Hz ($p < 0,001$), kolmandas vältes 107 Hz ($p < 0,01$) ja LL katsesõnas 130 Hz ($p < 0,001$). Olulised olid palatograafi ja kolmanda välte interaktsioonid LL katsesõnaga, kus F_3 väärtus tõusis 161 Hz ($p < 0,001$) ja 125 Hz ($p < 0,01$).

Lineaarses mudelis, kus oli arvestatud kõiki statistiliselt olulisi peamõjusid ja interaktsioone, polnud palatograafil mõju V1 F_3 , C2 F_2 ja V2 F_1 väärtustele. Nendes mudelites polnud ka statistiliselt olulisi palatograafi interaktsioone teiste faktoritega. Kui vaadati palatograafi peamõju karpdiagramme (vt joonis 13), siis oli näha, et peale V1 F_3 ja C2 F_2 olid tegissuulaega hääldatud katsesõnades formantsagedused kõrgemad. Statistiliselt ebaolulisi mõjusid formantsagedustele oli päris palju: V1 F_1 , F_3 ; C2 F_2 – F_3 ja V2 F_1 – F_2 .



Joonis 13. Vokaal /u/ kontekstis raamlausetes hääldatud häälikute F₁, F₂, F₃ sagedused hertsides palatograafiga (Y) ja palatograafita (N) katsesõnades. Joonistel on koos kolme välte ja kolme lausepositsiooni tulemused. Hall värv tähistab statistiliselt ebaolulist tulemust

Lineaarsetest mudelitest selgus, et palatograafil oli oluline mõju raamlausetes hääldatud häälikute kvaliteedile. Nagu ka isoleeritult hääldatud katsesõnades, tõstis palatograaf keskmisi formantsagedusi. Kuid võrreldes raamlausetega oli isoleeritult hääldatud katsesõnades vähem statistiliselt ebaolulisi palatograafi mõjusid. Seda kinnitasid ka karpdiagrammid millel kujutati ainult palatograafi peamõju häälikute kvaliteedile.

Järgnevas alapeatükis esitatakse akustilised andmed isoleeritult ja raamlausetes hääldatud /l/-i kvaliteedist F₁~F₂ formantrumis ja nendega seoses andmed artikulatsioonist, mis saadi EPG3 tehissuulaelt.

3.2. Isoleeritult hääldatud /l/-i kvaliteet ja EPG

3.2.1. Isoleeritult hääldatud vokaalide ja /l/-i kvaliteet

Selleks et hinnata vokaalide /a, e, i, u/, välte (Q1, Q2, Q3) ja lausepositsioonide (LK, LL) mõju /l/-i (C) F_1 ja F_2 väärtustele, arvutati nende faktoritega lineaarne regressioonvõrrand. Lisaks joonistati V1, C ja V2 häälikute F_1 ja F_2 sagedused hertsides $F_1 \sim F_2$ formantruumi. Andmete analüüsimisel kasutati samu akustilisi andmeid, mis eelmises alapeatükis. Andmete analüüsimisel peab arvestama, et salvestuste tegemise ajal oli keelejuhil suus tehissuulagi, mis tõstis keskmisi formantväärtusi. Keskmised formantväärtused on toodud lisas 2.

/l/-i F_1 kvaliteedi puhul leiti lineaarne regressioonvõrrand ($F(12, 11)=10,6$, $p<0,0002$) ennustusvõimega 83% (vt tabel 10). Võrreldes esimese vältes vokaal /a/ kontekstis oleva /l/-iga, vähenes /l/-i 518 Hz F_1 baasväärtus teise vältega 75 Hz ($p<0,01$), kolmanda vältega 153 Hz ($p<0,0001$), vokaal /e/ kontekstis 176 Hz ($p<0,0001$), vokaal /i/ kontekstis 219 Hz ($p<0,0001$), vokaal /u/ kontekstis 190 Hz ($p<0,0001$). F_1 väärtus tõusis lauselõpulisel katsesõnas 30 Hz ($p<0,01$) ning kolmanda välte ja /e, i, u/ interaktsioonides 104 Hz ($p<0,001$), 148 Hz ($p<0,001$) ja 121 Hz ($p<0,01$).

Tabel 10. Lineaarse mudeli väljund vokaalide, välte ja lausepositsiooni mõjudest /l/-i F_1 väärtusele isoleeritult hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *)

/l/-i F_1	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase Q1 /a/	518	24,02
Välde Q2	-75	-2,58 *
Välde Q3	-152	-5,21 *
Vokaal /e/	-176	-6,01 *
Vokaal /i/	-219	-7,48 *
Vokaal /u/	-190	-6,47 *
Pos LL	30	2,47 *
Välde Q2:vokaal /e/	61	1,46
Välde Q3:vokaal /e/	104	2,5 *
Välde Q2:vokaal /i/	88	2,11
Välde Q3:vokaal /i/	148	3,57 *

Välde Q2:vokaal /u/	70	1,68
Välde Q3:vokaal/u/	121	2,91 *

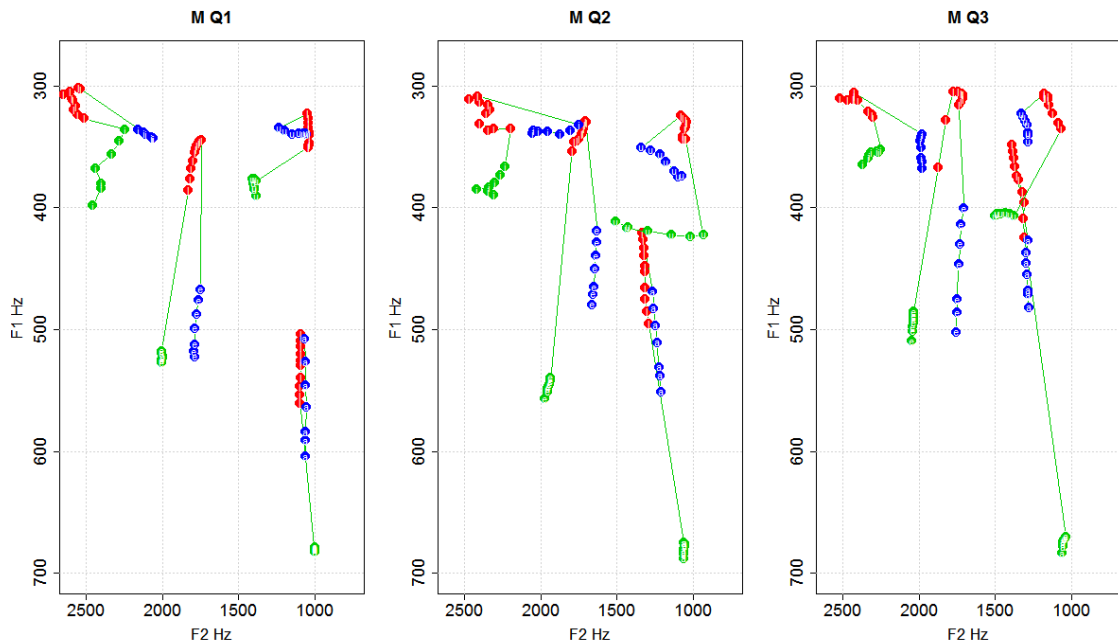
/l/-i F₂ kvaliteedi puhul leiti lineaarne regressioonvõrrand ($F(11, 12)=43,1$, $p<0,0001$) ennustusvõimega 95%, mille kohaselt (vt tabel 11) olid esimeses vältes vokaal /a/ kontekstis oleva /l/-iga võrreldes F₂ väärtuse mõjutajad vokaalid /e, i/, kus F₂ suurenes 699 Hz ($p<0,0001$) ja 1462 Hz ($p<0,0001$). Samuti oli oluline F₂ mõjutaja /i/ interaktsioon teise ja kolmanda vältega, kus F₂ vähenes 417 Hz ($p<0,01$) ja 375 Hz ($p<0,0001$).

Tabel 11. Lineaarse mudeli väljund vokaalide, välte ja lausepositsiooni mõjudest /l/-i F₂ väärtusele isoleeritult hääldatud katsesõnadest ($p\leq 0,01$ *)

/l/-i F ₂	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase Q1 /a/	1094	12,80
Välde Q2	223	1,85
Välde Q3	249	2,06
Vokaal /e/	699	5,79 *
Vokaal /i/	1462	12,09 *
Vokaal /u/	-60	-0,49
Välde Q2:vokaal /e/	-279	-1,63
Välde Q3:vokaal/e/	-316	-1,85
Välde Q2:vokaal /i/	-417	-2,44 *
Välde Q3:vokaal/i/	-375	-2,19 *
Välde Q2:vokaal /u/	-202	-1,18
Välde Q3:vokaal/u/	-131	-0,77

Tabelitest 10, 11 selgus, et /l/-i formantsagedusi mõjutasid vokaalid, välde ja katsesõna positsioon lauses. Sama näitab ka joonis 14, kus on kujutatud see, kuidas meeskeelejuhi häälduses sõltusid kolmes vältes /l/-i formantsagedused talle eelnevast ja järgnevast vokaalist. Kuna lausepositsioonil oli statistiline mõju ainult F₁ väärtusele, siis pandi mõlema positsiooni väärtused kokku ühele joonisele. Kõikides vältetes oli keelejuhi häälduses vokaalidel tugev mõju /l/-i häälduskohale ja /l/-i sihtpunktide sõltusid ümbritsevate vokaalide sihtpunktidest. /l/-i F₂ väärtus oli eesvokaalidega suurem ja tagavokaalidega väiksem. Välte suurenedes muutus /l/-i F₁ väärtus vokaalide /a, e, u/

kontekstis madalamaks. Vokaal /a/ puhul liikus /l/-i häälduskoht välte suurenedes kaugemale /a/ häälduskohast tagavokaal /u/ häälduskoha poole.



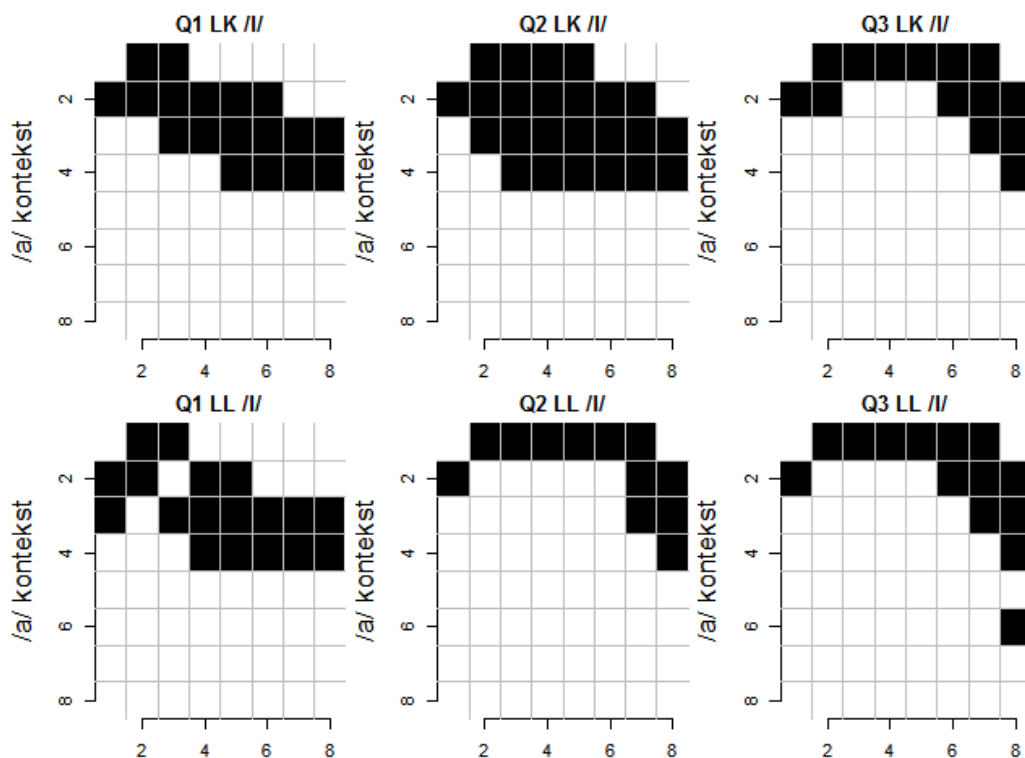
Joonis 14. Isoleeritult hääldatud katsesõnades V1 (roheline), V2 (sinine) vokaalide ja C (punane) konsonandi kvaliteet kolmes vältes

Lineaarsetes mudelites, mille baasväärtusteks olid vokaal /a/ kontekstis /l/-i F_1 ja F_2 väärtused esimeses vältes, olid /l/-i F_1 väärtused väiksemad vokaalide /e, i, u/ kontekstis ning teises ja kolmandas vältes. Väärtused tõusid kolmanda välte ja vokaalide interaktsioonides. F_2 väärtusi mõjutasid vokaalid /e, i/ ja /i/ kontekstis oleva /l/-i interaktsioon teise ja kolmanda vältega. Katsesõna positsioonil oli mõju /l/-i F_1 , kuid mitte F_2 väärtusele. /l/-i F_2 väärtus oli tagavokaalidega väiksem ja eesvokaalidega suurem. F_1 väärtus langes välte suurenedes vokaalide /a, e, u/ kontekstis. Mõlemad formandid liikusid välte suurenedes vokaal /i/ sihtpunkti suunas. Et saada täpsemaid andmeid sellest, milline on /l/-i häälduskoht ja -viis isoleeritult hääldatud katsesõnades, analüüsiti järgmises alapeatükis EPG andmeid.

3.2.2. Isoleeritult hääldatud /l/-i EPG

Esmalt tehti iga vokaali konteksti ja välte kohta isoleeritult hääldatud /l/-i häälduskoha palatogrammid katsesõna temporaalse keskkoha pealt ja analüüsiti neid AI, CI, DI, COG indeksite põhjal. Lineaarse mudeliga testiti vokaalide, välte ja lausepositsioonide mõju AI, CI, DI ja COG indeksite väärtustele. Et paremini selgitada akustika ja artikulatsiooni seost, arvutati AI, CI, DI indeksite mõju /l/-i formantväärtustele. Kuna COG indeks järgib AI indeksit ja on sellega tugevas lineaarses seoses, jäeti see sellest analüüsist välja.

Vokaal /a/ kontekstis /l/ (vt joonis 15, tabel 12) hääldati hambasompudel keele tipu ja keeleselja eesosaga. Esimeses vältes oli mõlemas lausepositsioonis häälduskoht tagapoolsem. Välte suurenedes muutus häälduskoht hambasompudel eespoolsemaks, mis väljendus suuremas AI indeksis. Teise välte lauselõpulisel katsesõnas oli /l/-il tugev kontakt hambasompudel keeleselja eesosaga, kuid kolmandas vältes ainult keele tipuga. LK katsesõnas oli /l/-i hääldamisel laiem lateraalne jaotus, mis väljendus kõrgemas CI indeksis. Kõrge CI indeks ja palatogrammid näitasid, et vokaal /a/ kontekstis /l/-il oli keele keskosaga tugevam kontakt kui servadega. Kolmanda vältega tekkis keele parema küljega kontakt suulaes, kuid kontakt vähenes suulae keskosas. Välte suurenedes vähenes DI indeks, mis tähendab väiksemat keeleselja kontakti kõva suulae tagaosas. COG indeks tõusis vältega, mis näitas, et keel liikus suurema artikulaatorse pingutusega ettepoole.

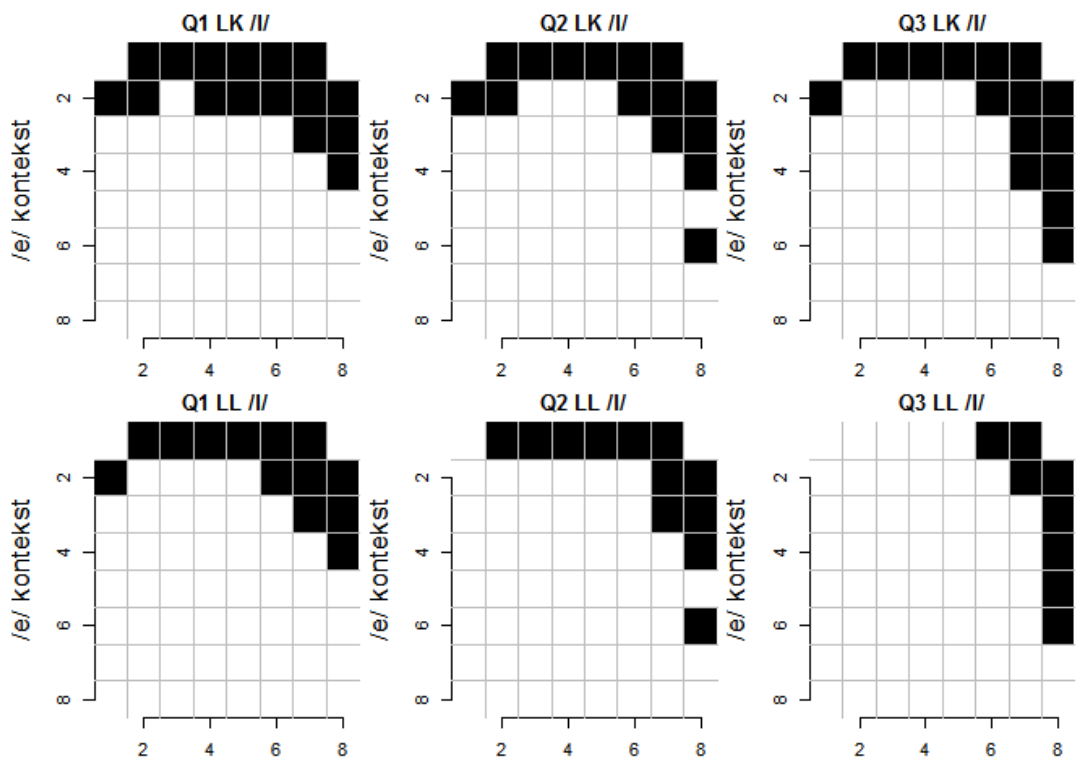


Joonis 15. Isoleeritult vokaal /a/ kontekstis hääldatud //i palatogrammid kolmes vältes, kahes lausepositsioonis (LK üleval, LL all)

Tabel 12. Isoleeritult vokaal /a/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis //i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaaalse keskkoha pealt

	Positsioon	AI	CI	DI	COG
Q1 /a/	LK	0,892	0,865	0	5,83
Q2 /a/	LK	0,958	0,918	0	5,86
Q3 /a/	LK	0,993	0,761	0	6,64
Q1 /a/	LL	0,888	0,883	0	5,67
Q2 /a/	LL	0,99	0,758	0	6,67
Q3 /a/	LL	0,991	0,761	0,041	6,36

Vokaal /e/ kontekstis /l/ (vt joonis 16, tabel 13) hääldati hambasompudel, peamiselt keele tipuga ning vähese lateraalse kontaktiga suulae paremas osas. Välte suurenedes muutus kontakt hambasompudel väiksemaks ja liikus suulae äärde. Teises ja kolmandas vältes vähenes CI indeks, mis tähendas, et üksik tulp suulae ääres sai suurema kontakti. DI indeks vähenes vältega, mis tähendas väiksemat kontakti kõval suulael ja selle tagaosas. COG indeks näitas, et keele raskuskese oli peamiselt suulae eesosas, kuid liikus vältega tahapoole. LK ja LL katsesõnade palatogrammid olid teises ja kolmandas vältes sarnased, kuid kolmanda välte LL katsesõna hääldati ainult vähese lateraalse kontaktiga suulae paremas osas.

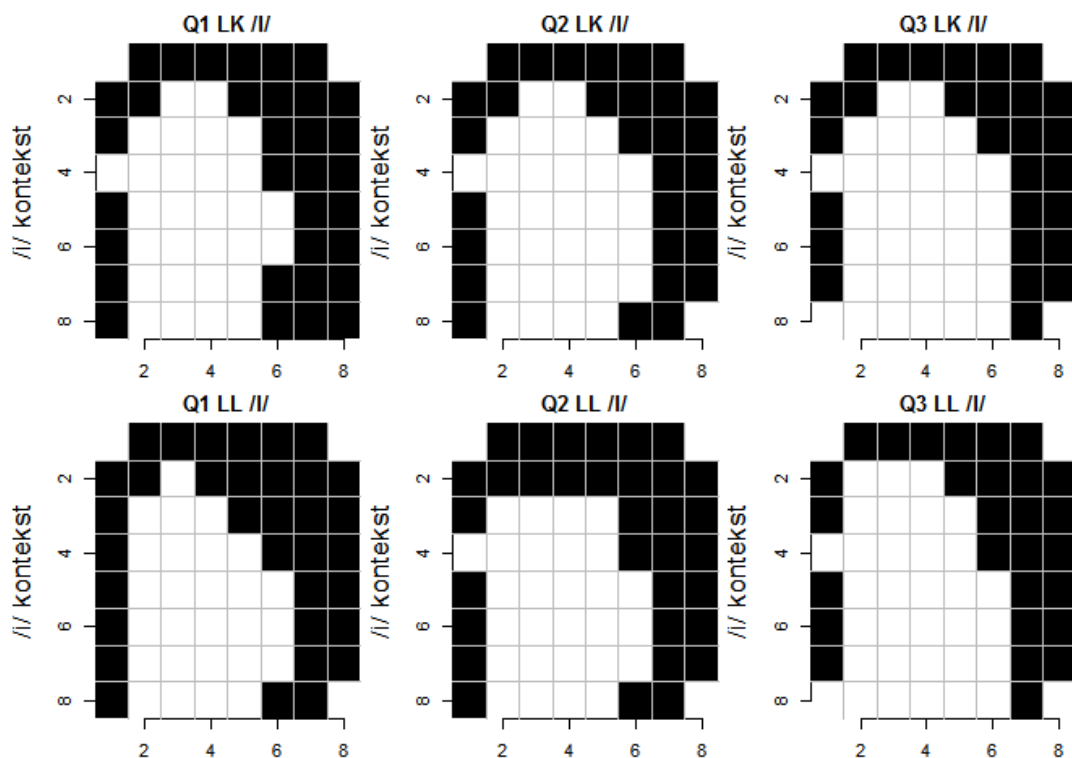


Joonis 16. Isoleeritult vokaal /e/ kontekstis hääldatud /l/-i palatogrammid kolmes vältes, kahes lausepositsioonis (LK üleval, LL all)

Tabel 13. Isoleeritult vokaal /e/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis /l/-i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaaalse keskkoha pealt

	Positsioon	AI	CI	DI	COG
Q1 /e/	LK	0,997	0,837	0	6,63
Q2 /e/	LK	0,993	0,761	0,042	6,37
Q3 /e/	LK	0,991	0,761	0,042	6,06
Q1 /e/	LL	0,991	0,761	0	6,65
Q2 /e/	LL	0,987	0,758	0,042	6,33
Q3 /e/	LL	0,868	0,359	0,042	5,5

Vokaal /i/ kontekstis /l/ (vt joonis 17, tabel 14) hääldati mõlemas lausepositsioonis hambasompudel keele tipu ja keele külgedega. AI indeks püsis kolmes vältes peaaegu muutumatuna ja väga maksimaalse väärtuse lähedal. CI indeks näitas, et suulae keskosas kontakt puudus, kuid servades oli tugev kontakt. Kuna suulae ääres on üksikud tulbad täidetud, siis see tõstis CI indeksit. DI indeksi kohaselt oli /l/-i hääldamisel /i/ kontekstis keeleselg väga lähedal kõvale suulaele ja selle tagumisele osale, püsidis välte suurenedes peaaegu samana. COG indeksi kohaselt oli keele raskuskese suulae keskel.



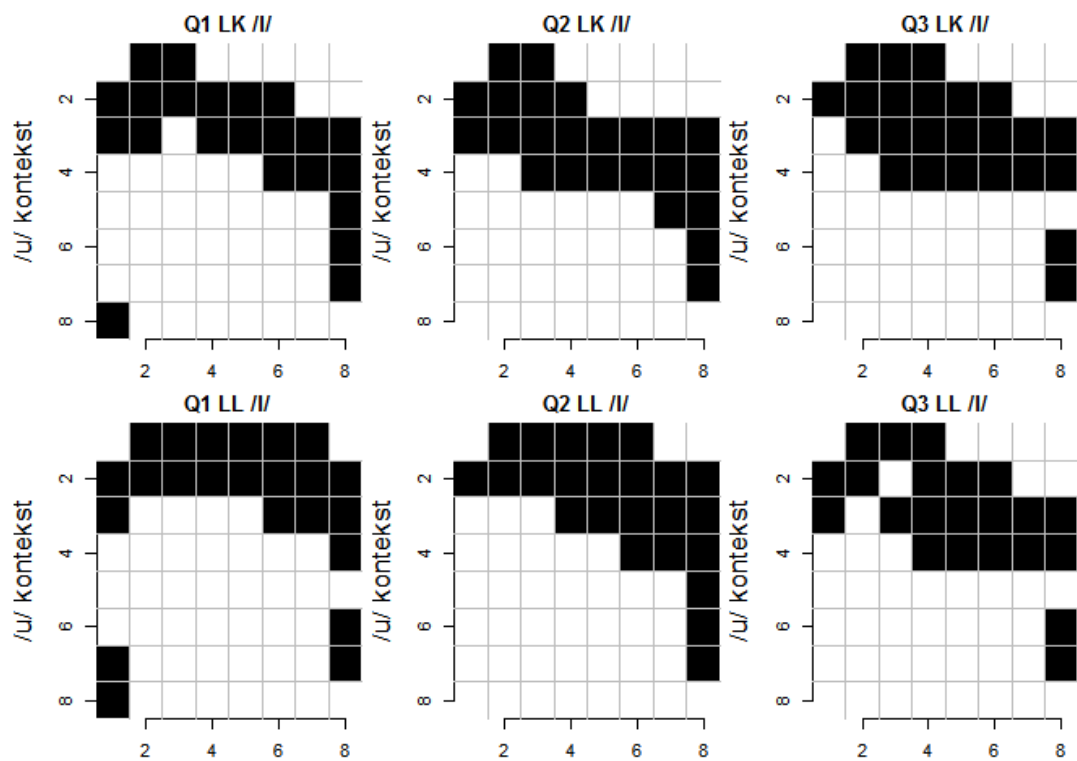
Joonis 17. Isoleeritult vokaal /i/ kontekstis hääldatud /i/-i palatogrammid kolmes vältes, kahes lausepositsioonis (LK üleval, LL all)

Tabel 14. Isoleeritult vokaal /i/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis /i/-i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaalse keskkoha pealt

	Positsioon	AI	CI	DI	COG
Q1 /i/	LK	0,995	0,814	0,458	4,41
Q2 /i/	LK	0,995	0,810	0,375	4,63
Q3 /i/	LK	0,995	0,808	0,292	4,93
Q1 /i/	LL	0,995	0,814	0,458	4,41
Q2 /i/	LL	0,999	0,843	0,375	4,74
Q3 /i/	LL	0,993	0,810	0,292	4,86

Vokaal /u/ kontekstis /l/ (vt joonis 18, tabel 15) hääldati hambasompudel keele tipu ja keeleselja eesosaga, kuid oli tagapoolsem kui /a/ kontekstis /l/. Kui /a/ kontekstis muutus häälduskoht vältega tagapoolsemaks, siis /u/ kontekstis muutus see eespoolsemaks. CI

indeks näitab, et /u/ kontekstis /l/ hääldamisel oli esimeses vältes tugevam lateraalne kontakt keele külgedega, kuid mis välte suurenedes vähenes ja liikus suulae keskossa. Laiem kontakt suulae keskosas suurendas CI indeksit. DI indeks näitas, et /l/-i hääldamisel oli keeleselg kõvale suulaele ja selle tagumisele osale väga lähedane ja välte suurenedes väärtus tõusis. COG indeksi kohaselt oli keele raskuskese eespoolsem kui /i/ kontekstis. LL katsesõnas hääldati teises ja kolmandas vältes /l/ eespoolsemana kui LK katsesõnas.



Joonis 18. Isoleeritult vokaal /u/ kontekstis hääldatud /l/-i palatogrammid kolmes vältes, kahes lausepositsioonis (LK üleval, LL all)

Tabel 15. Isoleeritult vokaal /u/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis /l/-i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaalse keskkoha pealt

	Positsioon	AI	CI	DI	COG
Q1 /u/	LK	0,892	0,840	0,125	5,18
Q2 /u/	LK	0,883	0,866	0,083	5,13
Q3 /u/	LK	0,928	0,903	0,083	5,46
Q1 /u/	LL	0,999	0,840	0,167	5,63
Q2 /u/	LL	0,981	0,885	0,083	5,75
Q3 /u/	LL	0,925	0,901	0,083	5,45

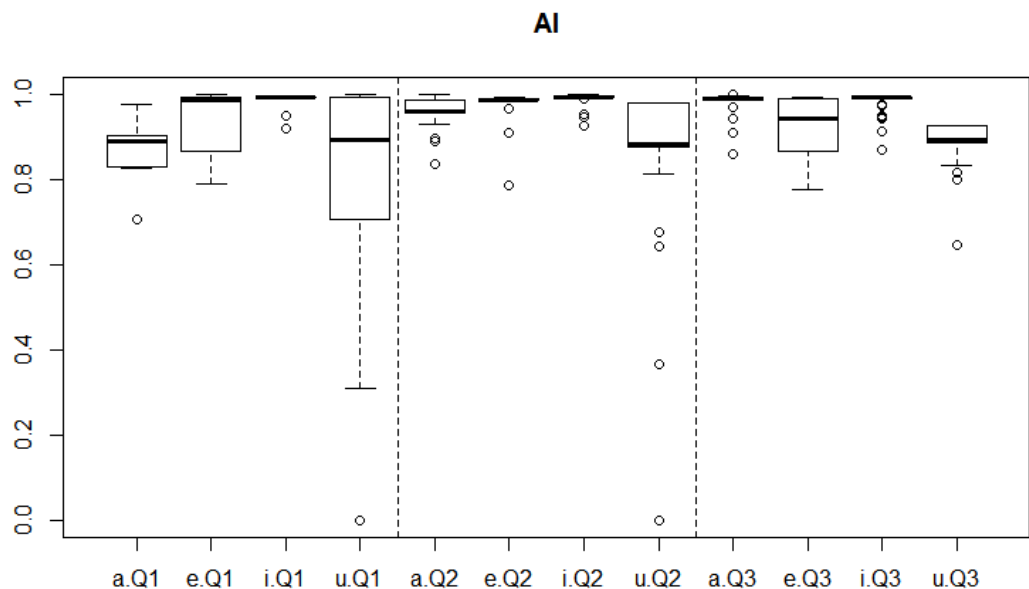
Et leida, millised palatograafi indeksid iseloomustavad erinevate vokaalide kontekstis hääldatud /l/-i, arvutati AI, CI, DI ja COG indekse koht lineaarsed regressioonvõrrandid. Võrrandis kasutati faktoritena vokaale, välde ja lausepositsioone ning nende omavahelisi interaktsioone. Kõikides mudelites oli baastasemeks esimeses vältes, LK katsesõnas, vokaal /a/ kontekstis olev /l/. Iga indeksi kohta tehti vastav karpdiagramm, kus kujutati välte ja vokaalide kontekstis oleva /l/-i mõju indekse väärtustele.

AI, ehk keele eespoolseuse indeksi puhul leiti lineaarne regressioonvõrrand ($F(23, 400)=13$, $p<0,0001$) ennustusvõimega 39%, mille kohaselt (vt tabel 16) võrreldes baasväärtusega 0,868, suurenes AI indeks 0,095 vokaaliga /e/ ($p<0,01$), 0,120 vokaaliga /i/ ($p<0,001$) ja vähenes 0,171 vokaaliga /u/ ($p<0,0001$). Kolmanda välte peamõjuga tõusis AI indeks, ehk häälduskoht muutus eespoolsemaks 0,119 ($p<0,01$). Kolmanda välte ning /e/ ja /i/ interaktsioonides vähenes AI indeks 0,105 ($p<0,01$) ja 0,115 ($p<0,01$). Kolmanda välte interaktsioonis /u/-ga tõusis indeks 0,099 ($p<0,01$). Üldiselt ei olnud lausepositsioonil mõju AI indeksile, kuid vokaal /u/ ja LL katsesõna interaktsioonis suurenes AI indeks 0,238 ($p<0,0001$). Vokaal /u/, kolmanda välte ja LL katsesõna interaktsioonis see siiski vähenes 0,022 ($p<0,0001$).

Tabel 16. AI indeksit kirjeldav lineaarne mudel isoleeritult hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *)

AI indeks	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase Q1 /a/ LK	0,868	24,67
Vokaal /e/	0,095	2,07 *
Vokaal /i/	0,120	2,60 *
Vokaal /u/	-0,171	-3,89 *
Välde Q2	0,066	1,62
Välde Q3	0,119	3,12*
Pos LL	-0,016	-0,33
Välde Q2:vokaal /e/	-0,039	-0,72
Välde Q2:vokaal /i/	-0,065	-1,20
Välde Q2:vokaal /u/	0,010	0,18
Välde Q3:vokaal/e/	-0,105	-2,10 *
Välde Q3:vokaal/i/	-0,115	-2,28 *
Välde Q3:vokaal /u/	0,099	2,04 *
Vokaal /e/:Pos LL	-0,024	-0,37
Vokaal /i/:Pos LL	0,013	0,20
Vokaal /u/:Pos LL	0,238	3,89 *
Välde Q2:Pos LL	0,069	1,22
Välde Q3:Pos LL	0,002	0,03
Vokaal /e/:Q2:LL	-0,055	-0,72
Vokaal /i/:Q2:LL	-0,063	-0,84
Vokaal /u/:Q2:LL	-0,100	-1,37
Vokaal /e/:Q3:LL	-0,065	-0,93
Vokaal /i/:Q3:LL	-0,022	-0,32
Vokaal /u/:Q3:LL	-0,255	-3,78 *

Statistilisi eeldusi kinnitas ka joonis 19, kus on kujutatud vokaalide ja välte mõju AI indeksile. Jooniselt 19 selgus, et esimeses vältes oli tagavokaalide /a, u/ kontekstis /l/-i häälduskoht tagapoolsem kui eesvokaalide /e, i/ kontekstis. Esimeses vältes oli /l/-i häälduskoht väga varieeruv /u/ kontekstis. Teises vältes liikusid /l/-i häälduskohad kõikide vokaalide kontekstis ettepoole, kuid eesvokaalide kontekstis olid väärtused suuremad kui tagavokaalidega. Vokaal /u/ kontekstis oli hääldus jällegi varieeruv. Kolmandas vältes liikus vokaal /a/ kontekstis hääldatud /l/-i häälduskoht veel rohkem ettepoole, kuid /u/ kontekstis tahapoole.



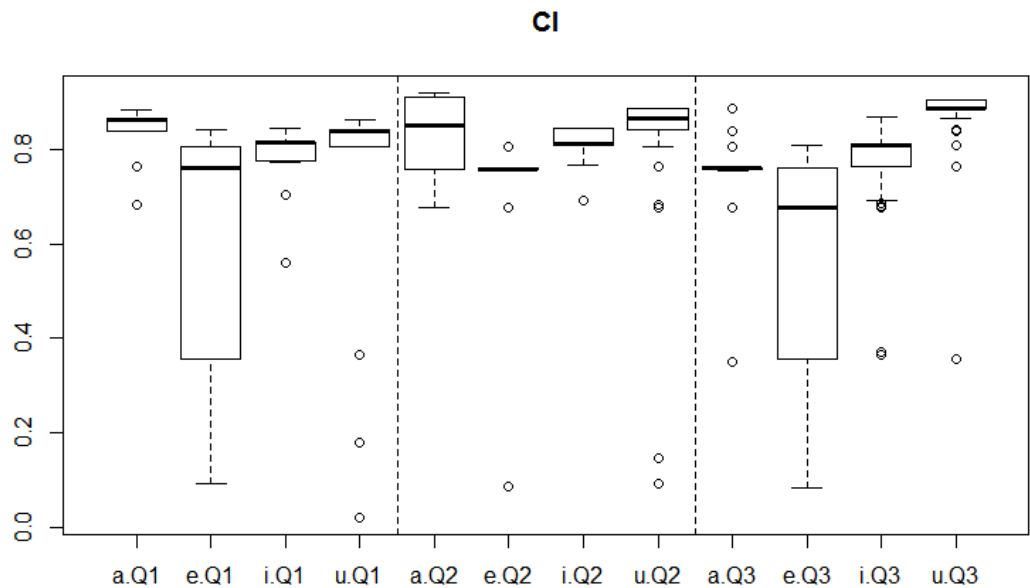
Joonis 19. Isoleeritult hääldatud katsesõnades /l/-i AI indeks sõltuvalt vokaalidest ja vältest

CI, ehk keele keskkoha indeksi puhul leiti lineaarne regressioonvõrrand ($F(15, 408)=21$, $p<0,0001$) ennustusvõimega 41% (vt tabel 17). Võrreldes baasväärtusega 0,868, vähenes CI indeks 0,112 vokaaliga /e/ ($p<0,01$), 0,196 vokaaliga /u/ ($p<0,0001$), kolmanda vältega 0,092 ($p<0,01$) ja LL katsesõnas 0,059 ($p<0,01$). Vokaal /u/ kontekstis hääldatud /l/ näitas jällegi tugevat varieeruvust. Teise ja kolmanda välte interaktsioonides vokaaliga /u/ muutus /l/-i lateraalne jaotus suulael väiksemaks 0,121 ($p<0,01$) ja 0,279 ($p<0,01$). Samuti LL katsesõna ja /u/ interaktsioonis 0,099 ($p<0,001$). Lauselõpulisel katsesõnalaienes /l/-i lateraalne jaotus vokaal /e/ interaktsiooniga 0,166 ($p<0,0001$).

Tabel 17. CI indeksit kirjeldav lineaarne mudel isoleeritult hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *)

CI indeks	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase Q1 /a/ LK	0,868	20,49
Vokaal /e/	-0,112	-1,98 *
Vokaal /i/	-0,077	-1,37
Vokaal /u/	-0,196	-3,61 *
Välde Q2	-0,004	-0,08
Välde Q3	-0,092	-2,13 *
Pos LL	-0,059	-2,21 *
Välde Q2:vokaal /e/	0,101	1,59
Välde Q2:vokaal /i/	0,026	0,41
Välde Q2:vokaal /u/	0,122	1,99 *
Välde Q3:vokaal/e/	0,020	0,35
Välde Q3:vokaal/i/	0,080	1,38
Välde Q3:vokaal /u/	0,279	4,95 *
Vokaal /e/:Pos LL	-0,166	-4,54 *
Vokaal /i/:Pos LL	0,052	1,38
Vokaal /u/:Pos LL	0,100	2,72 *

Statistilisi eeldusi selgitab joonis 20, kus on kujutatud keele lateraalne jaotus /l/-i hääldamisel kolmes vältes, vokaalide /a, e, i, u/ kontekstis. Kuna suurem CI indeks viitab laiemale lateraalsele jaotusele suulae keskosas, siis võis jooniselt 20 näha, et esimeses vältes tagavokaalide /a, u/ kontekstis hääldatud /l/-il oli kõige laiem lateraalne jaotus, mis oli eesvokaalide /e, i/ kontekstis väiksem. Sama tendents oli ka teises vältes. Kolmandas vältes vähenes /l/-i lateraalne kontakt vokaal /a/ kontekstis, kuid suurenes vokaal /u/ kontekstis. Esimeses ja kolmandas vältes oli /l/-i lateraalne jaotus suulael väga varieeruv vokaal /e/ kontekstis.



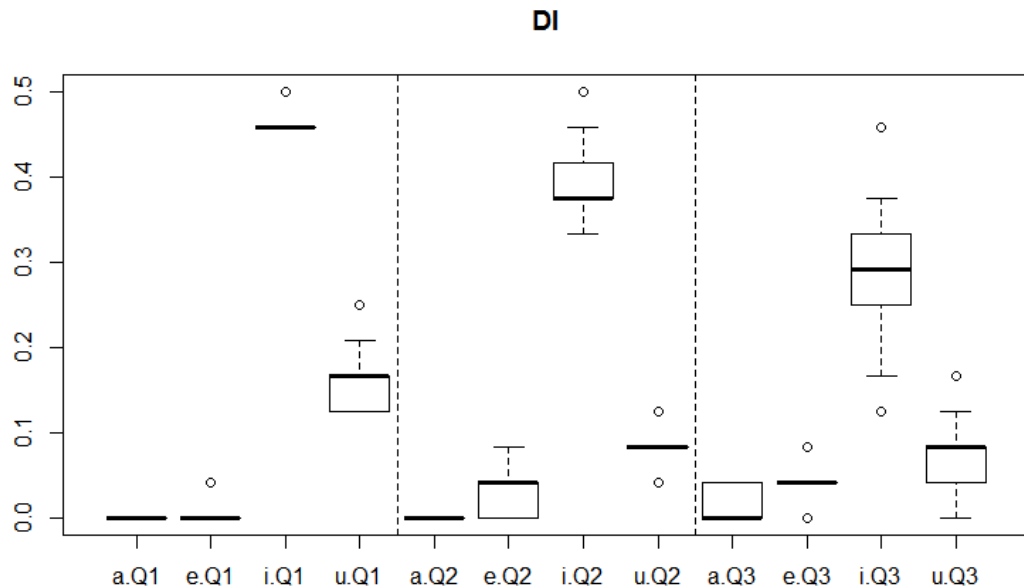
Joonis 20. Isoleeritult hääldatud katsesõnades /l/-i CI indeks sõltuvalt vokaalidest ja vältest

DI, ehk keeleselja indeksi puhul leiti lineaarne regressioonvõrrand ($F(23, 400)=289$, $p<0,0001$) ennustusvõimega 94% (vt tabel 18). DI indeks näitab, milline on kontakt palataalses ja postpalataalses suulae osas. Mida suurem kontakt suulaega, seda suurem indeks. /l/-il olid kõige suuremad palataalsed ja postpalataalsed kontaktid vokaalide /i/ 0,458 ($p<0,0001$) ja /u/ 0,139 ($p<0,0001$) kontekstis, kuid mis interaktsioonides teise vältega langesid 0,073 ($p<0,001$) ja 0,056 ($p<0,01$). /l/-i palataalne kontakt vokaal /i/ kontekstis vähenes samuti teises vältes 0,142 ($p<0,0001$). /l/-i palataalse kontakti vähenemist kolmandas vältes vokaalide /i, u/ kontekstis oli näha ka LL katsesõnas, kus väärtused vähenesid 0,106 ($p<0,0001$) ja 0,130 ($p<0,0001$).

Tabel 18. **DI** indeksit kirjeldav lineaarne mudel isoleeritult hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *)

DI indeks	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase Q1 /a/ LK	0	0
Vokaal /e/	0,006	0,29
Vokaal /i/	0,458	22,05 *
Vokaal /u/	0,139	7,02 *
Välde Q2	0	0
Välde Q3	0	0
Pos LL	0	0
Välde Q2:vokaal /e/	0,021	0,84
Välde Q2:vokaal /i/	-0,073	-2,98 *
Välde Q2:vokaal /u/	-0,056	-2,37 *
Välde Q3:vokaal/e/	0,043	1,90
Välde Q3:vokaal/i/	-0,142	-6,29 *
Välde Q3:vokaal /u/	-0,038	-1,72
Vokaal /e/:Pos LL	0	0
Vokaal /i/:Pos LL	0,016	0,55
Vokaal /u/:Pos LL	0,049	1,76
Välde Q2:Pos LL	0	0
Välde Q3:Pos LL	0,025	1,05
Vokaal /e/:Q2:LL	-0,002	-0,05
Vokaal /i/:Q2:LL	0,005	0,15
Vokaal /u/:Q2:LL	-0,049	-1,48
Vokaal /e/:Q3:LL	-0,047	-1,50
Vokaal /i/:Q3:LL	-0,106	-3,40 *
Vokaal /u/:Q3:LL	-0,130	-4,28 *

Joonisel 21 on keeleselja indeksi DI karpdiagrammid. DI indeks oli esimeses vältes kõrgete vokaalide /i, u/ kontekstis suurem kui madalate vokaalidega. Kusjuures madalate vokaalide /a, e/ kontekstis puudus /l/-il esimeses vältes keeleseljaga palataalne kontakt üldse ja teises ning kolmandas vältes oli väga madal, et olla oluline. Vältega vähenes kõrgete vokaalide kontekstis /l/-i palataalne kontakt. /l/-il oli kõige suurem palataalne kontakt esimeses vältes vokaal /i/ kontekstis.



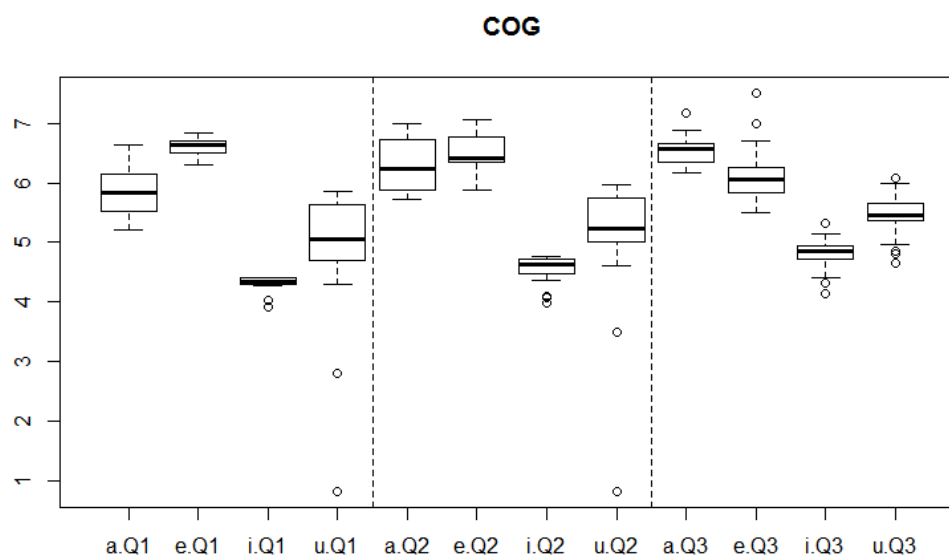
Joonis 21. Isoleeritult hääldatud katsesõnades /l/-i DI indeks sõltuvalt vokaalidest ja välttest

COG indeksi puhul leiti lineaarne regressioonvõrrand ($F(17, 406)=79$, $p<0,0001$) ennustusvõimega 76% (vt tabel 19). COG indeks näitab, milline on artikulatorne jaotuvus suulae ees ja tagaosa vahel. Mida tagapoolsem on häälduskoht, seda madalam on COG indeks. /l/-i häälduskoht, võrreldes baasväärtusega 5,8, oli vokaal /e/ 0,76 ($p<0,0001$) kontekstis eespoolsem, vokaalide /i/ 1,51 ($p<0,0001$) ja 1,25 /u/ ($p<0,0001$) kontekstis tagapoolsem. Kolmanda vältega muutus /l/-i häälduskoht eespoolsemaks 0,75 ($p<0,01$). /l/-i häälduskoht muutus tagapoolsemaks vokaaliga /e/ teises ja kolmandas vältes 0,51 ($p<0,01$) ja 1,17 ($p<0,0001$), kuid lauselõpulisel katsesõnal eespoolsemaks vokaal /u/ kontekstis 0,38 ($p<0,01$) ja teise vältega 0,29 ($p<0,01$).

Tabel 19. COG indeksit kirjeldav lineaarne mudel isoleeritult hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *)

COG indeks	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase Q1 /a/ LK	5,80	38,74
Vokaal /e/	0,76	4,14*
Vokaal /i/	-1,51	-8,27 *
Vokaal /u/	-1,25	-7,09 *
Välde Q2	0,31	1,80
Välde Q3	0,75	4,78 *
Pos LL	0,11	0,77
Välde Q2:vokaal /e/	-0,51	-2,47 *
Välde Q2:vokaal /i/	-0,19	-0,96
Välde Q2:vokaal /u/	-0,01	-0,07
Välde Q3:vokaal/e/	-1,17	-6,17 *
Välde Q3:vokaal/i/	-0,17	-0,91
Välde Q3:vokaal /u/	-0,05	-0,28
Vokaal /e/:Pos LL	-0,05	-0,44
Vokaal /i/:Pos LL	-0,07	-0,61
Vokaal /u/:Pos LL	0,38	3,19 *
Välde Q2:Pos LL	0,29	2,10 *
Välde Q3:Pos LL	-0,11	-0,85

Joonisel 22 on kujutatud keele keskkoha erikaal sõltuvalt vokaalidest ja vältest, mis näitas, et kõrgete vokaalide /i, u/ kontekstis hääldatud /l/-i puhul oli keel pigem tagapoolsem kui madalamate vokaalide /a, e/ kontekstis. Need tendentsid püsisid samad esimeses ja teises vältes, kuid kolmandas vältes vokaal /e/ kontekstis hääldatud /l/-i häälduskoht liikus tagapoolsemaks kui seda oli esimeses ja teises vältes.



Joonis 22. Isoleeritult hääldatud katsesõnades /l/-i COG indeks sõltuvalt vokaalidest ja vältest

Et täpsemalt selgitada artikulatsiooni ja akustika seost, arvutati /l/-i F_1 väärtuse kohta lineaarne regressioonvõrrand ($F(3, 420)=28$, $p<0,0001$) ennustusvõimega 16%, mille kohaselt (vt tabel 20) suurenes F_1 väärtus, kui CI indeks suurenes ($p<0,0001$) ning vähenes, kui DI indeks vähenes ($p<0,0001$).

Tabel 20. /l/-i F_1 väärtuse varieerumine sõltuvalt palatograafi indeksitest isoleeritult hääldatud katsesõnades ($p\leq 0,01$ *)

/l/-i F_1	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase F_1	307	12,03
AI	16	0,50
CI	61	3,36 *
DI	-170	-8,81 *

/l/-i F_2 väärtuse kohta arvutati samuti lineaarne regressioonvõrrand ($F(6, 417)=229$, $p<0,0001$) mille ennustusvõime oli 76%. Mudeli kohaselt (vt tabel 21) suurenes F_2 väärtus, kui AI indeks suurenes ($p<0,001$) ning vähenes, kui CI indeks vähenes

($p < 0,0001$). Olulised interaktsioon olid AI ja CI ($p < 0,01$) ning AI ja DI ($p < 0,0001$) indekse vahel, kus F_2 väärtus suurenes. /l/-i F_2 väärtus vähenes CI ja DI ($p < 0,0001$) indekse interaktsioonis.

Tabel 21. /l/-i F_2 väärtuse varieerumine sõltuvalt palatograafi indeksitest isoleeritult hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *)

/l/-i F_2	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase F_2	1078	3,51
AI	1197	3,22 *
CI	-1964	-5,30 *
DI	-2541	-1,35
AI:CI	891	2,13 *
AI:DI	9436	4,15 *
CI:DI	-5223	-4,19 *

/l/ hääldati sõltuvalt vokaalist hambasompudel keele tipuga või keeleselja eesosaga. Välte suurenedes vähenes kontakt keeleselja eesosaga ja suurenes lateraalne kontakt ja kontakt hambasompudel. /l/-i häälduskoht sõltus vokaalist - tagavokaalide puhul oli häälduskoht tagapoolsem, eesvokaalide puhul eespoolsem. AI indeks oli suurem eesvokaalide /e, i/ kontekstis ja väiksem tagavokaalide kontekstis. CI indeks oli suurem tagavokaalide ja väiksem eesvokaalide kontekstis. /l/-i DI indeks oli suur vokaal /i/ kontekstis, kuid vokaalide /a, e/ kontekstis peaaegu olematu. Vokaal /u/ kontekstis oli /l/-il väike keeleselja kontakt suulaega mis vältega vähenes veelgi. COG indeks oli suurem madalamate vokaalide /a, e/ ja väiksem kõrgete vokaalide /e, i/ kontekstis. Katsesõnade vahel leidis LK ja LL katsesõnades artikulaatorset varieerumist, kuid tendentsid püsisid samad. /l/-i F_1 suurenes CI indeksi suurenemisega ja langes DI indeksi vähenemisega. F_2 väärtus suurenes AI indeksiga ja vähenes CI indeksiga. AI ja CI ning AI ja DI indeksi interaktsioonis suurenes F_2 väärtus, kuid vähenes CI ja DI indekse interaktsioonides.

3.3. Raamlausetes hääldatud /l/-i kvaliteet ja EPG

3.3.1. Raamlausetes hääldatud /l/-i kvaliteet

Raamlausetes hääldatud /l/-i kvaliteedi kohta arvutati samuti lineaarne regressioonvõrrand, kus faktoritena kasutati vokaale, vältet ja lausepositsioone. /l/-i ja vokaalide F_1 ja F_2 väärtused ning joonistati $F_1 \sim F_2$ formantruumi. Andmete salvestamisel oli keelejuhil suus tehissuulagi, mis tõstis keskmisi formantsagedusi. Keskmised väärtused on toodud lisas 3.

/l/-i F_1 väärtuse kohta arvutati lineaarne regressioonvõrrand ($F(11, 12)=5,2$ $p<0,004$) ennustuvõimega 67%, mille kohaselt (vt tabel 22) langes /l/-i F_1 väärtus teises vältes 179 Hz ($p<0,0001$), kolmandas vältes 170 Hz ($p<0,0001$), vokaal /e/ kontekstis 161 Hz ($p<0,001$), /i/ kontekstis 226 Hz ($p<0,0001$), /u/ kontekstis 165 Hz ($p<0,0001$). Välte interaktsioonis /l/-i F_1 väärtused tõusid. Näiteks teise välte ja /e, i, u/ interaktsioonides 152 Hz ($p<0,01$), 221 Hz ($p<0,001$) ja 151 Hz ($p<0,01$). Kolmanda välte ja /i/ interaktsioonis tõusis F_1 väärtus 142 Hz ($p<0,01$).

Tabel 22. Lineaarse mudeli väljund vokaalide, välte ja lausepositsiooni mõjudest /l/-i F_1 väärtusele raamlausetes hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *)

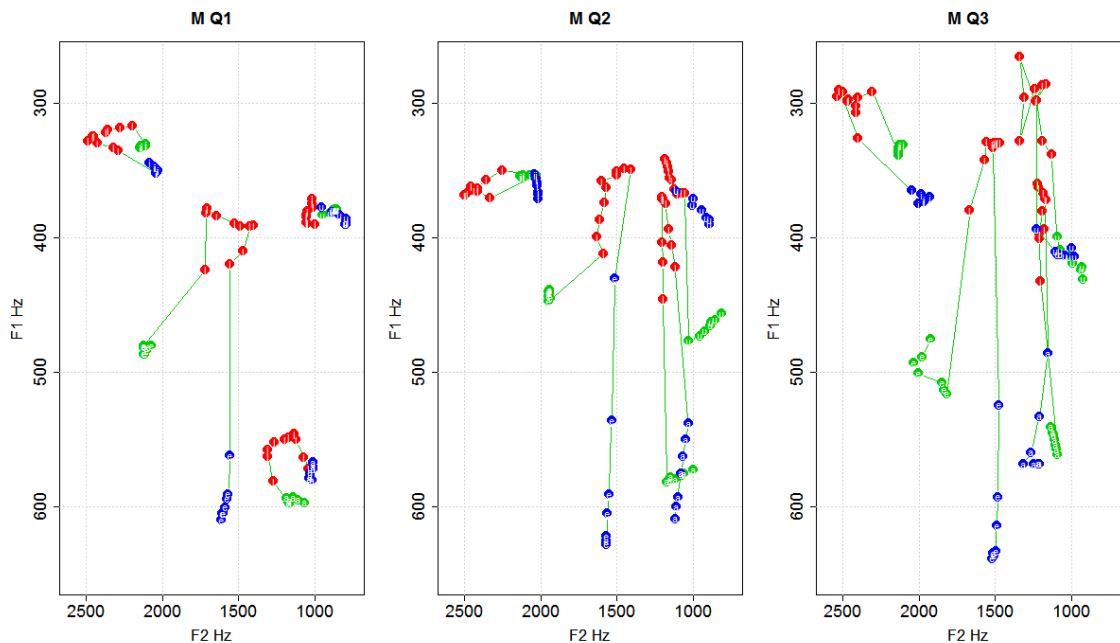
/l/-i F_1	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase Q1 /a/	550	19,07
Välde Q2	-179	-4,38 *
Välde Q3	-170	-4,16 *
Vokaal /e/	-161	-3,94 *
Vokaal /i/	-226	-5,53 *
Vokaal /u/	-165	-4,05 *
Välde Q2:vokaal /e/	152	2,63 *
Välde Q3:vokaal/e/	111	1,92
Välde Q2:vokaal /i/	221	3,84 *
Välde Q3:vokaal/i/	143	2,47 *
Välde Q2:vokaal /u/	151	2,62 *
Välde Q3:vokaal/u/	81	1,40

/l/-i F₂ väärtuse kohta arvutati samuti lineaarne regressioonvõrrand (F(11, 12)=94, p<0,0001) mille ennustusvõime oli 98%. Mudeli kohaselt (vt tabel 23) tõusis F₂ sagedus vokaal /e/ kontekstis 327 Hz (p<0,001) ja /i/ kontekstis 1253 Hz (p<0,0001) ning 266 Hz (p<0,01) kolmanda välte ja /u/ interaktsioonis.

Tabel 23. Lineaarse mudeli väljund vokaalide, välte ja lausepositsiooni mõjudest /l/-i F₂ väärtusele raamlausetes hääldatud katsesõnades (p≤0,01 *)

/l/-i F ₂	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase Q1 /a/	1200	21,02
Välde Q2	-2	-0,02
Välde Q3	-9	-0,11
Vokaal /e/	327	4,05 *
Vokaal /i/	1253	15,53 *
Vokaal /u/	-146	-1,81
Välde Q2:vokaal /e/	48	0,42
Välde Q3:vokaal/e/	-23	-0,20
Välde Q2:vokaal /i/	31	0,27
Välde Q3:vokaal/i/	23	0,20
Välde Q2:vokaal /u/	92	0,81
Välde Q3:vokaal/u/	266	2,33 *

Tabelid 22, 23 näitasid, et /l/-i F₁ ja F₂ sagedusi mõjutavad vokaalid ja välde. Joonis 23, kus on kujutatud /l/-i ja vokaalide kvaliteet F₁~F₂ formantruumis näitab samuti, et raamlausetes hääldatud /l/-i formantsagedused olid mõjutatud talle eelnevast ja järgnevast vokaalist kolmes vältes. Esimene välde oli teistest selgelt eristunud, /l/-i häälduskoht oli rohkem mõjutatud vokaalide häälduskohtadest, liikudes formantruumis vähem. Teises ja kolmandas vältes liikus /l/-i häälduskoht kaugemale vokaali sihtpunktidest. Jällegi oli eesvokaalidega F₂ väärtus suurem ja tagavokaalidega väiksem, mis välte suurenedes vähenes. Välte suurenedes koondusid /l/-i F₂ väärtused vokaalide /a, e/ kontekstis tagavokaal /u/ sihtpunktide suunas, mis oli vastupidine tendents kui isoleeritult hääldatud katsesõnades. Välte suurenedes vähenes /l/-i F₁ väärtus. Vokaal /i/ puhul varieerus /l/-i häälduskoht kõige vähem.



Joonis 23. Raamlausetes hääldatud katsesõnades V1 (roheline), V2 (sinine) vokaalide ja C2 (punane) konsonandi kvaliteet kolmes vältes, kahes lausepositsioonis

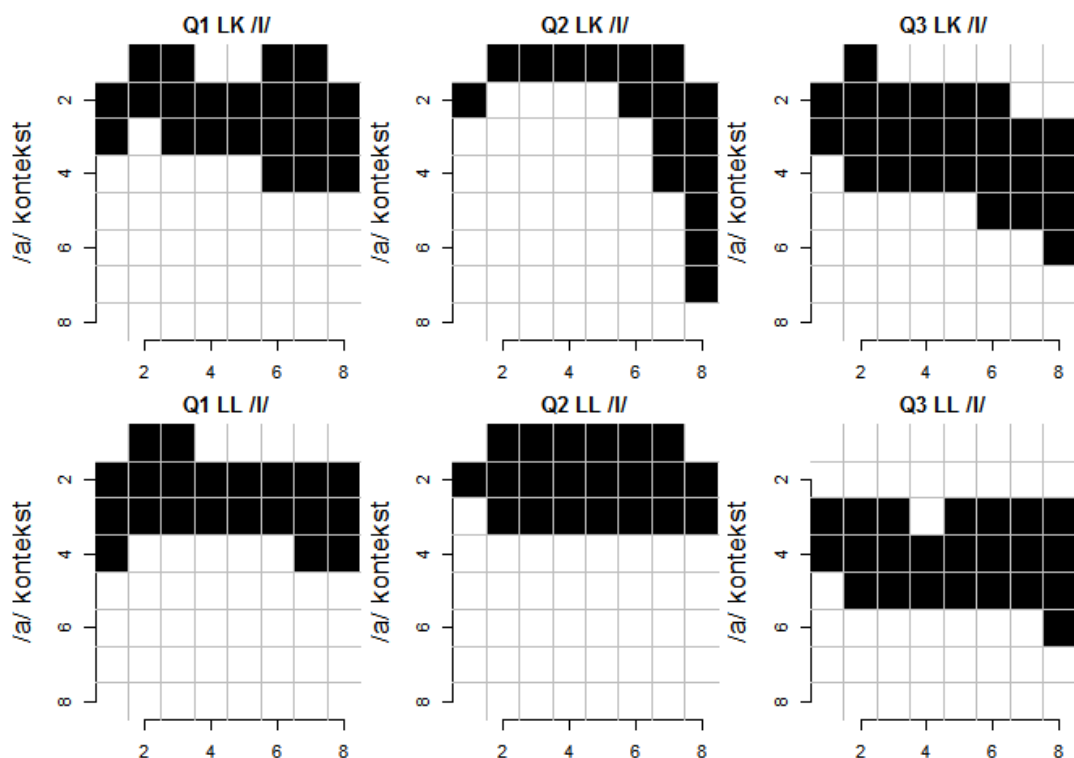
Võrreldes esimeses vältes, LK katsesõnas ja vokaal /a/ kontekstis oleva /l/-iga, olid /l/-i kvaliteedi mõjutajad teine ja kolmas välde ning vokaalid /e, i, u/. /l/-i F₁ väärtust mõjutasid vokaalide /e, i, u/ kontekstid ja teine ning kolmas välde, kus kõigis väärtused langesid. F₁ väärtused tõusid teise välte interaktsioonides vokaalidega /e, i, u/ ja kolmanda välte interaktsioonis vokaaliga /i/. F₂ väärtus tõusis vokaalide /e, i/ kontekstis ning kolmanda välte ja /u/ interaktsioonis. Veel täpsema ülevaate /l/-i häälduskohast sõltuvalt vokaalist, annavad EPG andmed, mida analüüsiti järgmises alapeatükis.

3.3.2. Raamlausetes hääldatud /l/-i EPG

Raamlausetes hääldatud katsesõnade EPG hääldusmustrite analüüsimisel lähtuti samast protsessist mis isoleeritult hääldatud katsesõnade puhul. Esmalt tehti /l/-i temporaaalse keskkoha pealt võetud palatogrammid iga vokaali konteksti ja välte kohta ning analüüsiti neid AI, CI, DI, COG indeksite põhjal. Seejärel arvutati, kasutades lineaarset mudelit vokaalide, välte ja lausepositsioonide mõjud AI, CI, DI ja COG indeksite väärtustele.

Akustika ja artikulatsiooni seose paremaks kirjeldamiseks arvutati lineaarne regressioon, kus vaadati indeksi mõju F_1 ja F_2 väärtustele. Kuna COG indeks järgib AI indeksit ja on sellega tugevas lineaarses seoses, jäeti see ka raamlausetes hääldatud katsesõnade indeksi analüüsist välja.

Vokaal /a/ kontekstis raamlausetes hääldatud /l/ (vt joonis 24, tabel 24) hääldati, samamoodi nagu isoleeritult, hambasompudel keele tipu ja keeleselja eesosaga ning vähese lateraalse kontaktiga suulae külgedel. Teises vältes muutus häälduskoht eespoolsemaks, kuid kolmandas vältes tõmbus keel tahapoole ja /l/ oli pigem hääldatud keeleselja eesosaga, mis väljendus ka suuremas CI indeksis. LL katsesõna hääldati teises vältes laiemal lateraalse jaotusega, mis väljendus suuremas CI indeksis. Välte suurenedes tekkis /l/-il keeleseljaga kontakt kõval suulael, mis väljendus DI indeksi tõusuga kolmandas vältes. Vastupidiselt isoleeritult hääldatud katsesõnaga, langes COG indeks vältega, mis näitas, et keel tõmbus suurema artikulaatorse pingutusega tahapoole.

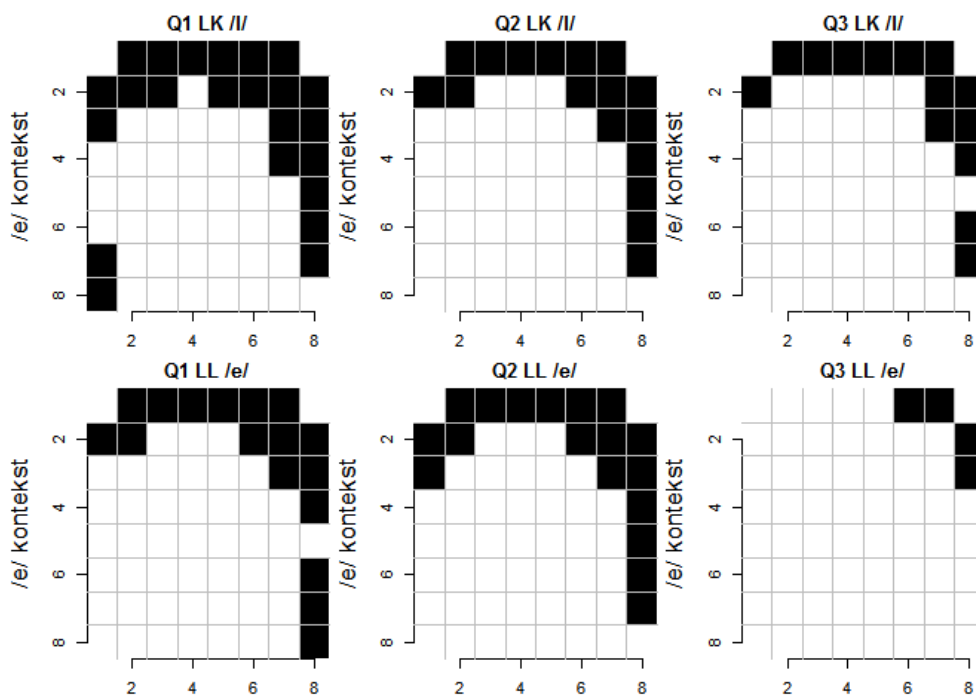


Joonis 24. Raamlausetes vokaal /a/ kontekstis hääldatud /l/-i palatogrammid kolmes vältes, kahes lasepositsioonis (LK üleval, LL all)

Tabel 24. Raamlausetes vokaal /a/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis /l/-i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaalse keskkoha pealt

	Positsioon	AI	CI	DI	COG
Q1 /a/	LK	0,961	0,843	0	6,09
Q2 /a/	LK	0,991	0,761	0,083	5,79
Q3 /a/	LK	0,842	0,887	0,042	5,19
Q1 /a/	LL	0,961	0,805	0,250	5
Q2 /a/	LL	0,991	0,761	0,083	5,91
Q3 /a/	LL	0,842	0,810	0,375	4,63

Vokaal /e/ kontekstis hääldatud /l/ (vt joonis 25, tabel 25) hääldati /l/ hambasompudel, peamiselt keele tipuga ning lateraalse kontaktiga suulae servades. Kontakti hambasompudel näitas kõrge AI indeks, mis välte suurenedes küll natuke vähenes, kuid üldiselt püsis siiski väga kõrgena. Välte suurenedes vähenes ka CI indeks, mis näitas keele lateraalse jaotuse vähenemist suulae keskosas. Samuti vähenes vältega DI indeks, mis näitas väiksemat kontakti kõva suulaega. Vältega suurenes COG indeks, mis tähendas, et /l/ hääldati eespoolselt. LL katsesõnas hääldati /l/-i väga vähese kontaktiga hambasompudel.

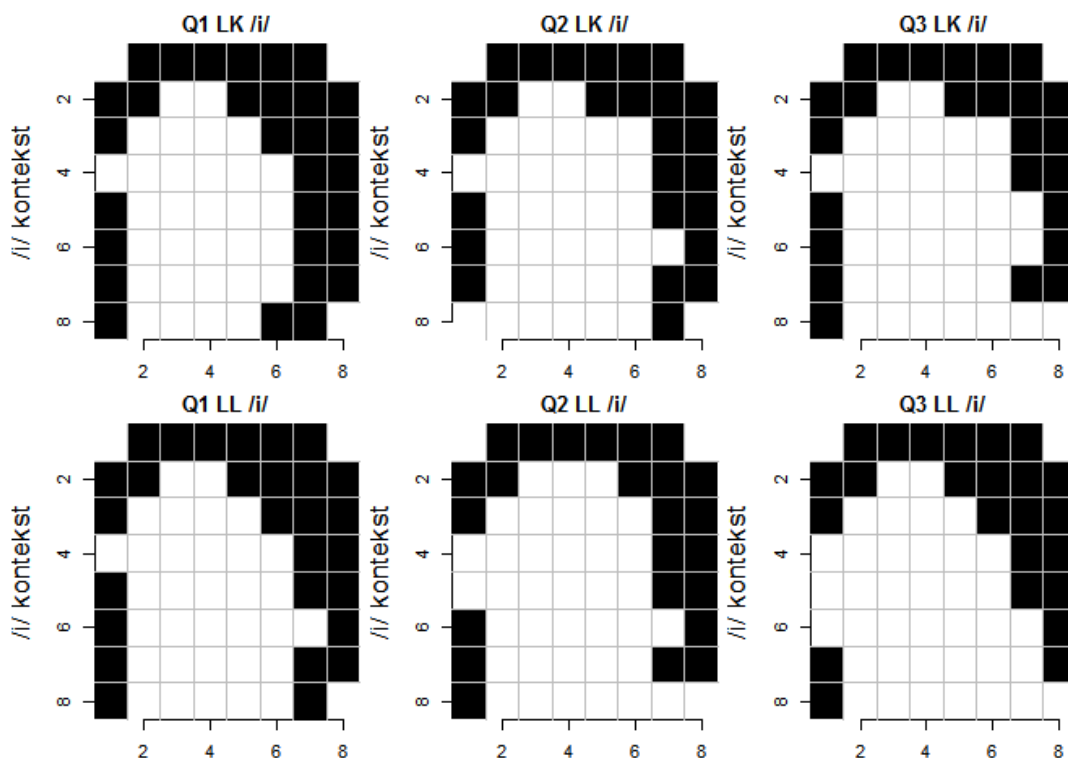


Joonis 25. Raamlausetes vokaal /e/ kontekstis hääldatud /l/-i palatogrammid kolmes vältes, kahes lausepositsioonis (must LK, hall LL)

Tabel 25. Raamlaustes vokaal /e/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis /l/-i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaalse keskkoha pealt

	Positsioon	AI	CI	DI	COG
Q1 /e/	LK	0,997	0,807	0,167	5,46
Q2 /e/	LK	0,993	0,761	0	6,45
Q3 /e/	LK	0,989	0,758	0,125	5,74
Q1 /e/	LL	0,997	0,758	0,083	6
Q2 /e/	LL	0,993	0,761	0,083	5,89
Q3 /e/	LL	0,989	0,352	0	6,75

Vokaal /i/ kontekstis /l/ (vt joonis 26, tabel 26) hääldati hambasompudel keele tipu ja keele külgedega. AI indeks püsis kolmes vältes jällegi muutumatuna ja väga maksimaalse väärtuse lähedal. CI indeks oli samuti kõrge, näidates tugevat lateraalset kontakti keele külgede ja suulae vahel. DI indeks vähenes vältega. Esimeses vältes oli keeleseljal suurem kontakt suulaega, mis teises ja kolmandas vältes vähenes. COG indeks näitas, et keel liigub välte suurenedes pigem ettepoole. Mõlema lausepositsiooni palatogrammid olid väga sarnased.

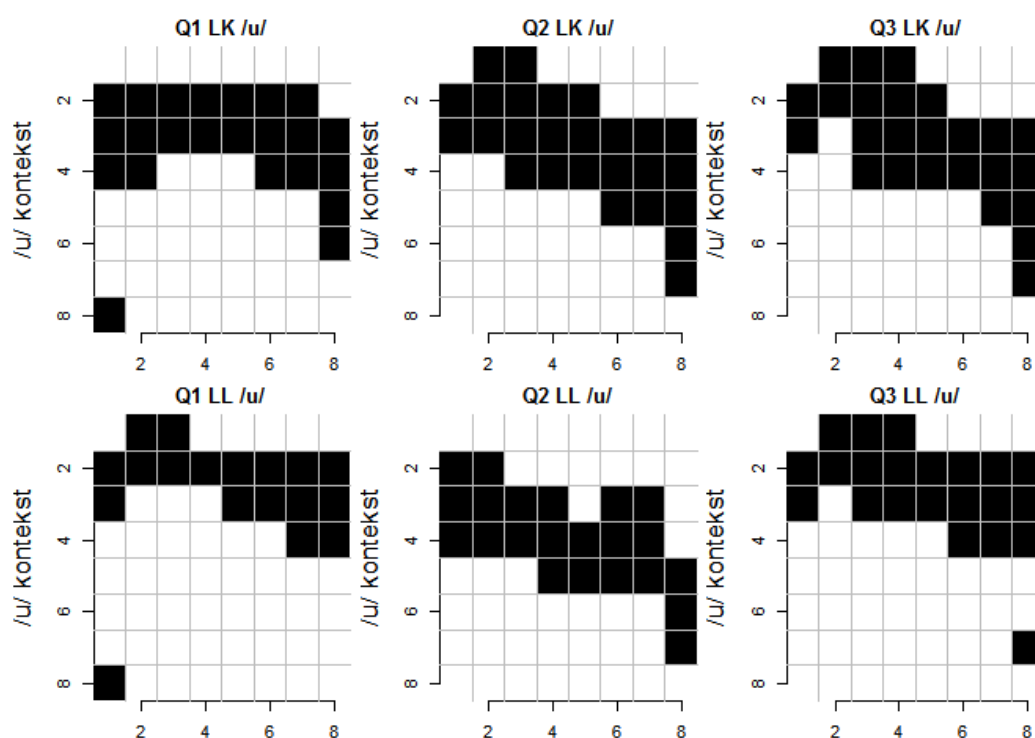


Joonis 26. Raamlausetes vokaal /i/ kontekstis hääldatud /l/-i palatogrammid kolmes vältes, kahes lausepositsioonis (must LK, hall LL)

Tabel 26. Raamlaustes vokaal /i/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis /l/-i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaalse keskkoha pealt

	Positsioon	AI	CI	DI	COG
Q1 /i/	LK	0,995	0,81	0,375	4,63
Q2 /i/	LK	0,995	0,805	0,25	5
Q3 /i/	LK	0,995	0,805	0,25	5,06
Q1 /i/	LL	0,995	0,808	0,292	4,86
Q2 /i/	LL	0,995	0,762	0,25	5
Q3 /i/	LL	0,995	0,807	0,167	5,33

Vokaal /u/ kontekstis /l/ (vt joonis 27, tabel 27) hääldati vähese kontaktiga hambasompudel keele tipu ja keeleselja eesosaga. Välte suurenedes muutus kontakt hambasompudel tagapoolsemaks, mis oli vastupidine tendents kui isoleeritult hääldatud katsesõnad. CI indeks tõusis samuti vältega, mis näitas tugevamat lateraalset kontakti suulae keskosas. DI indeks püsis suhteliselt samana, kuid varieerus LL katsesõnas, mis tähendas, et /l/-il oli kontakt kõva suulaega või selle tagumise osaga. COG indeks näitas, et keel püsis /l/-i hääldamisel pigem eespoolsemana.



Joonis 27. Raamlausetes vokaal /u/ kontekstis hääldatud /l/-i palatogrammid kolmes vältes, kahes lausepositsioonis (must LK, hall LL)

Tabel 27. Raamlaustes vokaal /u/ kontekstis hääldatud kolmes vältes ja kahes lausepositsioonis /l/-i EPG parameetrite indeksid katsesõna temporaalse keskkoha pealt

	Positsioon	AI	CI	DI	COG
Q1 /u/	LK	0,761	0,84	0,083	5,15
Q2 /u/	LK	0,888	0,887	0,083	5,12
Q3 /u/	LK	0,925	0,902	0,083	5,26
Q1 /u/	LL	0,761	0,807	0,042	5,78
Q2 /u/	LL	0,888	0,864	0,083	4,5
Q3 /u/	LL	0,925	0,865	0,042	5,82

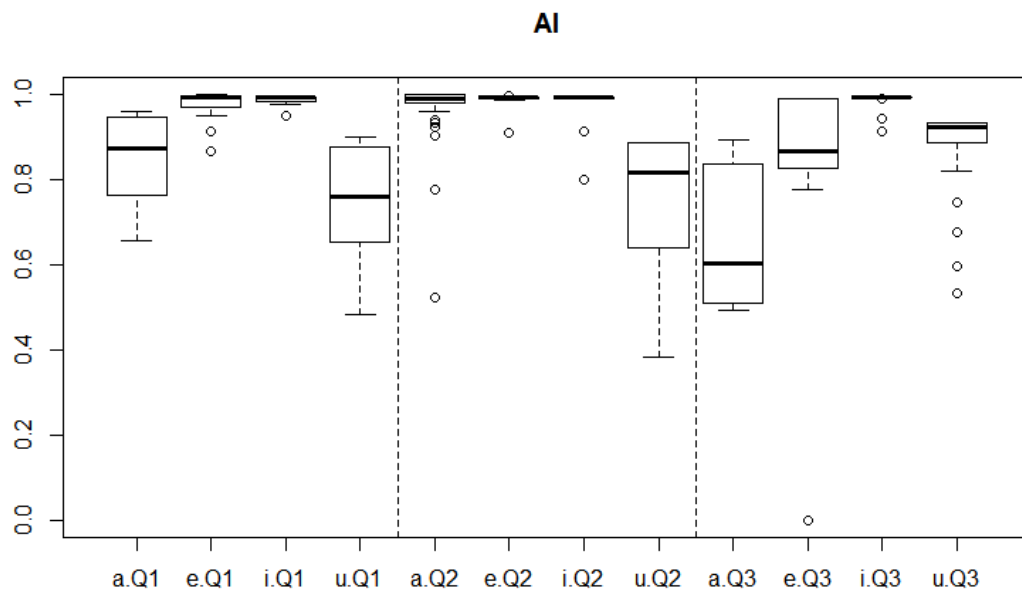
Et leida täpsemat statistilist kinnitust vokaalide ja lausepositsioonide mõjust /l/-i AI, CI, DI ja COG indeksite väärtustele, arvutati iga indeksi kohta lineaarne regressioonvõrrand ja tehti nende kohta karpdiagrammid, kus vaadati välte ja vokaali mõju indeksite väärtustele. Kõikides mudelites oli baastasemeks esimeses vältes, LK positsioonis, vokaal /a/ kontekstis olev /l/.

AI, ehk keele eespoolseuse indeksi puhul leiti lineaarne regressioonvõrrand ($F(23, 326)=34$, $p<0,0001$) ennustusvõimega 69%, mille kohaselt (vt tabel 28) Võrreldes baasväärtusega 0,864, suurenes AI indeks, ehk häälduskoht hambasompudel muutus eespoolsemaks 0,115 vokaaliga /e/ ($p<0,01$), 0,124 vokaaliga /i/ ($p<0,001$) ja vähenes, ehk muutus tagapoolsemaks 0,185 vokaaliga /u/ ($p<0,0001$). Täpselt samad tendentsid olid ka isoleeritult hääldatud katsesõnades. Teise välte peamõjuga tõusis AI indeks, ehk häälduskoht muutus eespoolsemaks 0,112 ($p<0,001$). Teise välte ja /i/ interaktsioonis vähenes AI indeks 0,124 ($p<0,01$). Kolmanda välte ja /e/ interaktsioonis AI indeks tõusis 0,248 ($p<0,0001$). Lauselõpulisel katsesõnal tõusis samuti vokaaliga /u/ 0,174 kuid teises vältes langes 0,315 ($p<0,0001$). Lauselõpulisel katsesõnal tõusis AI indeks vokaaliga /i/ 0,248 ($p<0,001$).

Tabel 28. AI indeksit kirjeldav lineaarne mudel raamlausetes hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *)

AI indeks	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase Q1 /a/ LK	0,864	26,77
Vokaal /e/	0,115	2,51 *
Vokaal /i/	0,124	2,61 *
Vokaal /u/	-0,185	-3,90 *
Välde Q2	0,112	2,93 *
Välde Q3	-0,053	-1,41
Pos LL	-0,036	-0,71
Välde Q2:vokaal /e/	-0,104	-1,90
Välde Q2:vokaal /i/	-0,124	-2,20 *
Välde Q2:vokaal /u/	0,025	0,44
Välde Q3:vokaal/e/	0,047	0,89
Välde Q3:vokaal/i/	0,054	1,00
Välde Q3:vokaal /u/	0,248	4,58 *
Vokaal /e/:Pos LL	0,026	0,38
Vokaal /i/:Pos LL	0,032	0,46
Vokaal /u/:Pos LL	0,174	2,47
Välde Q2:Pos LL	0,006	0,11
Välde Q3:Pos LL	-0,242	-4,28 *
Vokaal /e/:Q2:LL	0,010	0,12
Vokaal /i/:Q2:LL	0,005	0,06
Vokaal /u/:Q2:LL	-0,315	-3,79 *
Vokaal /e/:Q3:LL	0,088	1,13
Vokaal /i/:Q3:LL	0,248	3,12 *
Vokaal /u/:Q3:LL	0,131	1,65

Joonisel 28 on kujutatud AI indeks raamlausetes sõltuvalt vokaalidest ja vältest. Jooniselt 28 on näha esimeses ja teises vältes samu tendentse mis isoleeritult hääldatud katsesõnades, kuid isoleeritult hääldatud katsesõnades olid üldiselt AI indeksid palju kõrgemad. Tagavokaalide kontekstis oli AI väärtus madalam kui eesvokaalide kontekstis, ehk /l/-i häälduskoht oli tagavokaalidega tagapoolsem. /u/ kontekstis oli kõikides välletes /l/-i häälduskoht jällegi väga varieeruv, kuid pigem tagapoolsem. Teises vältes oli ka /a/ kontekstis hääldatud /l/ hääldatud väga eespoolsena. Kolmandas vältes liikus /a/ ja /e/ kontekstis /l/-i häälduskoht tagapoolsemaks.



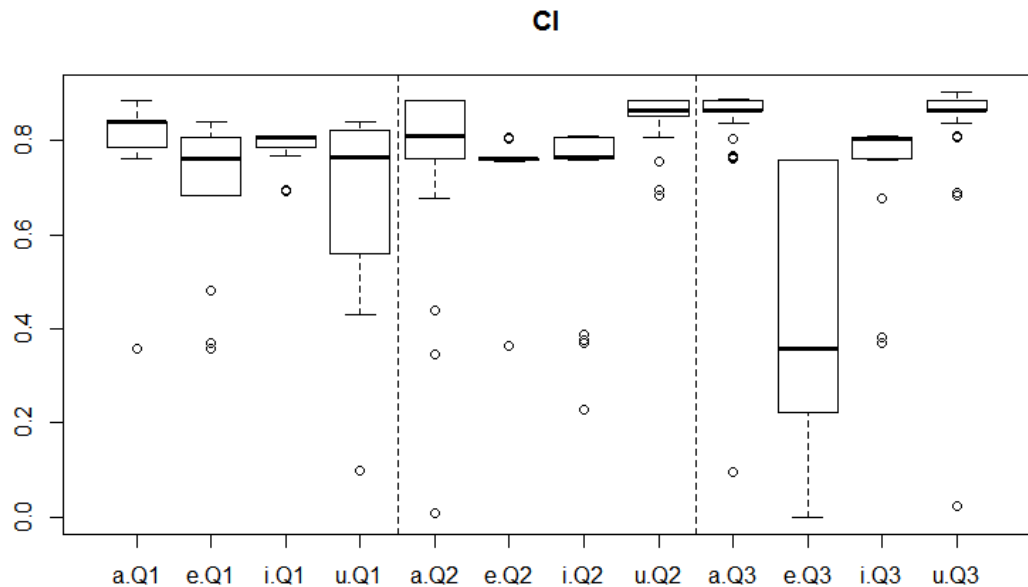
Joonis 28. Raamlausetes hääldatud /l/-i AI indeks sõltuvalt vokaalidest ja vältest

CI, ehk keele keskkoha indeksi puhul leiti lineaarne regressioonvõrrand ($F(23, 326)=17$, $p<0,0001$) ennustusvõimega 51% (vt tabel 29). Kõrgem CI indeks näitab kas suuremat lateraalset kontakti suulae keskosas või suurt üksiku tulba kontakti. CI indeks tõusis, võrreldes baasväärtusega 0,769, 0,193 vokaal /u/ ja teise välte interaktsioonis ($p<0,01$). Lauselõpulisel katsesõnas langes kolmandas vältes vokaaliga /e/ CI väärtus 0,415 ($p<0,001$).

Tabel 29. CI indeksit kirjeldav lineaarne mudel raamlausetes hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *)

CI indeks	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase Q1 /a/ LK	0,769	14,44
Vokaal /e/	-0,075	-0,99
Vokaal /i/	0,022	0,28
Vokaal /u/	-0,090	-1,14
Välde Q2	-0,013	-0,20
Välde Q3	0,062	1,00
Pos LL	0,049	0,59
Välde Q2:vokaal /e/	0,052	0,58
Välde Q2:vokaal /i/	-0,053	-0,57
Välde Q2:vokaal /u/	0,193	2,06 *
Välde Q3:vokaal/e/	-0,046	-0,53
Välde Q3:vokaal/i/	-0,088	-0,99
Välde Q3:vokaal /u/	0,131	1,46
Vokaal /e/:Pos LL	-0,048	-0,42
Vokaal /i/:Pos LL	-0,058	-0,50
Vokaal /u/:Pos LL	-0,069	-0,60
Välde Q2:Pos LL	-0,019	-0,19
Välde Q3:Pos LL	-0,024	-0,25
Vokaal /e/:Q2:LL	0,059	0,44
Vokaal /i/:Q2:LL	0,036	0,26
Vokaal /u/:Q2:LL	0,017	0,12
Vokaal /e/:Q3:LL	-0,415	-3,24 *
Vokaal /i/:Q3:LL	0,042	0,32
Vokaal /u/:Q3:LL	-0,007	-0,06

Joonisel 29 on kujutatud CI indeksi varieerumine sõltuvalt vokaalidest ja vältest. Tendentsid olid peaaegu samad mis isoleeritult hääldatud katsesõnades, välja arvatud kolmandas vältes, kus /a/ kontekstis hääldatud /l/-il on suurem lateraalne jaotuvus. CI indeks oli teises ja kolmandas vältes kõrgem tagavokaalide /a, u/ kontekstis hääldatud /l/-i puhul ja madalam /e, i/ kontekstis hääldatud /l/-i puhul. Kolmandas vältes oli /e/ kontekstis hääldatud /l/-il väga varieeruv lateraalne kontakt suulae keskosas. Esimeses vältes oli kõige suurem CI indeks vokaal /a/ kontekstis ja kõige väiksem /u/ kontekstis /l/-il.



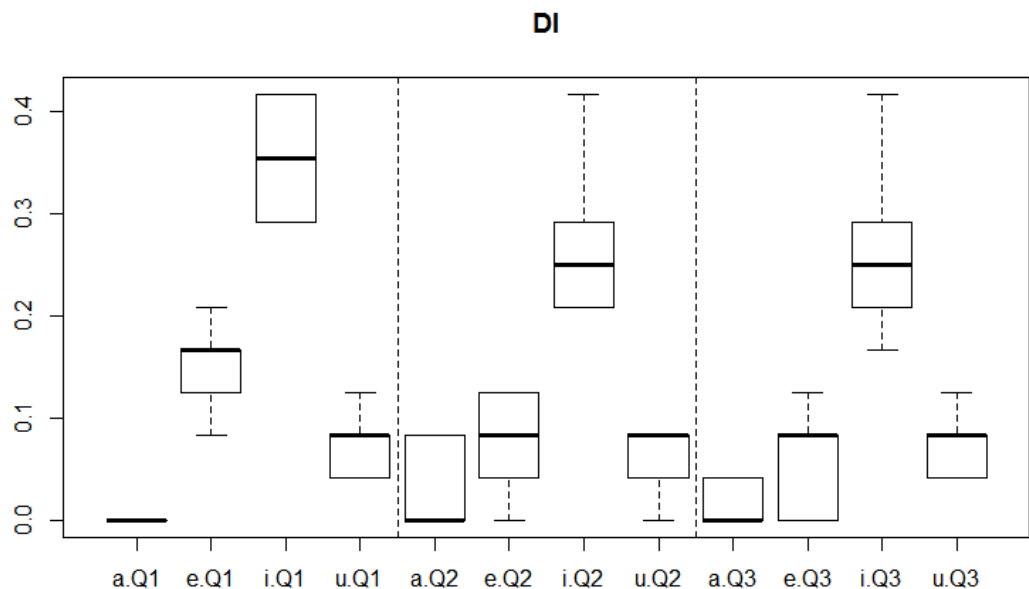
Joonis 29. Raamlausetes hääldatud /l/-i CI indeks sõltuvalt vokaalidest ja vältest

DI, ehk keeleselja indeksi puhul leiti lineaarne regressioonvõrrand ($F(23, 326)=127$, $p<0,0001$) ennustusvõimega 89% (vt tabel 30). DI indeks näitab, milline on kontakt palataalses ja postpalataalses suulae osas. Mida suurem kontakt suulaega, seda suurem indeks. Palataalne kontakt /l/-il tõusis vokaalide /e/ 0,167 ($p<0,0001$), /i/ 0,403 ($p<0,0001$) ja /u/ 0,09 ($p<0,0001$) kontekstis. Samuti suurenes palataalne kontakt teise välte peamõjuga 0,061 ($p<0,0001$), kuid langes vokaalide /e/ 0,142 ($p<0,0001$), /i/ 0,195 ($p<0,0001$) ja /u/ 0,095 ($p<0,0001$) interaktsioonides ja teise välte interaktsioonis lauselõpulisel katsesõnaga 0,061 ($p<0,01$). Sama tendents oli ka kolmanda välte ja /e, i/ interaktsioonis, kus DI indeks vähenes 0,096 ($p<0,0001$) ja 0,131 ($p<0,0001$). Lauselõpulisel katsesõnal vähenes DI indeks ka vokaal /i/ kontekstis 0,097 ($p<0,0001$). Vokaalide /e, i, u/ kontekstis hääldatud katsesõna puhul tõusis DI indeks teise välte ja lauselõpulisel katsesõna interaktsioonides 0,082 ($p<0,01$), 0,152 ($p<0,0001$) ja 0,152 ($p<0,001$).

Tabel 30. DI indeksit kirjeldav lineaarne mudel raamlausetes hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *)

DI indeks	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase Q1 /a/ LK	0	1,00
Vokaal /e/	0,167	8,88 *
Vokaal /i/	0,403	20,61 *
Vokaal /u/	0,09	4,62 *
Välde Q2	0,061	3,88 *
Välde Q3	0,015	0,95
Pos LL	0	0,00
Välde Q2:vokaal /e/	-0,142	-6,30 *
Välde Q2:vokaal /i/	-0,195	-8,40 *
Välde Q2:vokaal /u/	-0,095	-4,08 *
Välde Q3:vokaal/e/	-0,096	-4,44 *
Välde Q3:vokaal/i/	-0,131	-5,88 *
Välde Q3:vokaal /u/	-0,014	-0,64
Vokaal /e/:Pos LL	-0,035	-1,22
Vokaal /i/:Pos LL	-0,097	-3,37 *
Vokaal /u/:Pos LL	-0,035	-1,20
Välde Q2:Pos LL	-0,061	-2,56 *
Välde Q3:Pos LL	0,001	0,06
Vokaal /e/:Q2:LL	0,082	2,45 *
Vokaal /i/:Q2:LL	0,152	4,50 *
Vokaal /u/:Q2:LL	0,113	3,31 *
Vokaal /e/:Q3:LL	-0,02	-0,64
Vokaal /i/:Q3:LL	0,033	1,00
Vokaal /u/:Q3:LL	0	-0,01

Joonisel 30 on kujutatud DI indeksi varieerumine sõltuvalt vältest ja vokaalidest. Joonisel 30 olid tendentsid samad mis isoleeritult hääldatud katsesõnades. /l/-il oli kõrgete vokaalide kontekstis suurem kontakt suulaega kui madalate vokaalidega. Kolmandas vältes oli /l/-i kontakt kõige suurem vokaal /i/ kontekstis, kuid see vähenes vältega. Esimeses vältes oli /e/ kontekstis /l/-il väike keeleselja kontakt suulaega, kuid seegi vähenes vältega. Vokaal /a/ kontekstis puudus kontakt suulaega.



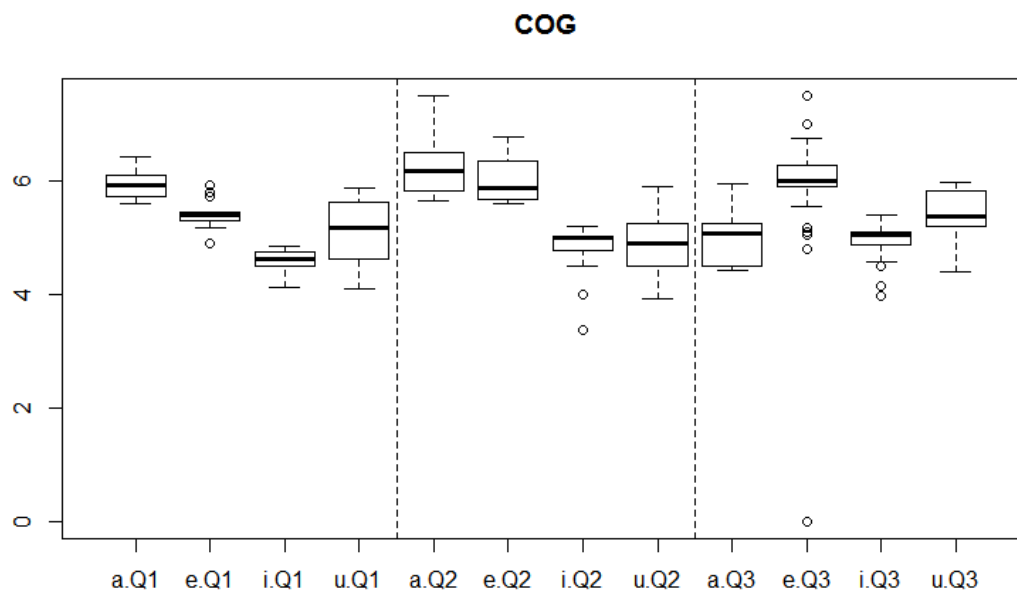
Joonis 30. Raamlausetes hääldatud /l/-i DI indeks sõltuvalt vokaalidest ja vältest

COG, ehk keele keskkoha erikaalu indeksi puhul leiti lineaarne regressioonvõrrand ($F(23, 326)=18, p<0,0001$) ennustusvõimega 53% (vt tabel 31). COG indeks näitab, milline on artikulatorne jaotuvus suulae ees ja tagaosa vahel. Mida tagapoolsem on häälduskoht, seda madalam on COG indeks. Indeks langes võrreldes baasväärtusega 5,99 vokaalide /e, i, u/ kontekstis 0,67 ($p<0,01$), 1,50 ($p<0,0001$) ja 0,13 ($p<0,0001$) ja kolmandas vältes 0,65 ($p<0,001$). Väärtus tõusis, ehk häälduskoht liikus ettepoole kolmanda välte ja vokaalide /e, i, u/ kontekstis 0,20 ($p<0,0001$), 1,02 ($p<0,001$) ja 0,92 ($p<0,001$). Oluline oli ka teise välte, vokaal /e/ ja LL katsesõna mõju, kus väärtus langes 1,44 ($p<0,001$).

Tabel 31. COG indeksit kirjeldav lineaarne mudel raamlausetes hääldatud katsesõnades ($p \leq 0,01$ *)

COG indeks	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase Q1 /a/ LK	5,99	31,16
Vokaal /e/	-0,67	-2,45 *
Vokaal /i/	-1,50	-5,32 *
Vokaal /u/	-1,13	-3,98 *
Välde Q2	0,11	0,49
Välde Q3	-0,65	-2,92 *
Pos LL	-0,11	-0,38
Välde Q2:vokaal /e/	0,47	1,44
Välde Q2:vokaal /i/	0,21	0,63
Välde Q2:vokaal /u/	0,16	0,47
Välde Q3:vokaal/e/	1,20	3,83 *
Välde Q3:vokaal/i/	1,02	3,16 *
Välde Q3:vokaal /u/	0,92	2,85 *
Vokaal /e/:Pos LL	0,35	0,86
Vokaal /i/:Pos LL	0,35	0,84
Vokaal /u/:Pos LL	0,67	1,61
Välde Q2:Pos LL	0,37	1,07
Välde Q3:Pos LL	-0,59	-1,76
Vokaal /e/:Q2:LL	-0,45	-0,93
Vokaal /i/:Q2:LL	-0,52	-1,06
Vokaal /u/:Q2:LL	-1,44	-2,92 *
Vokaal /e/:Q3:LL	0,54	1,18
Vokaal /i/:Q3:LL	0,64	1,36
Vokaal /u/:Q3:LL	0,55	1,17

Joonisel 31 on kujutatud keele keskkoha erikaalu diagramm kolmes vältes, vokaalide /a, e, i, u/ kontekstis /l/-i kohta, mis näitas, et võrreldes tagavokaaliga /a/, liikus esimeses ja teises vältes /l/-i häälduskoht tahapoole eesvokaalide /e, i/ kontekstis. Teises vältes oli /l/-i häälduskoht eespoolsem madalate vokaalide /a, e/ kontekstis ja tagapoolsem kõrgete vokaalide /i, u/ kontekstis. Kolmandas vältes oli /l/-i häälduskoht eespoolsem kõrgete vokaalide, tagapoolsem madalate vokaalide kontekstis.



Joonis 31. Raamlausetes hääldatud /l/-i COG indeks sõltuvalt vokaalidest ja vältest

/l/-i F_1 väärtuse kohta arvutati samuti lineaarne regressioonvõrrand ($F(7, 342)=7$, $p<0,0001$) ennustusvõimega 11%, mille kohaselt (vt tabel 32) F_1 väärtus suurenes, kui CI indeks suurenes ($p<0,01$) ning vähenes, kui DI indeks vähenes ($p<0,001$). Olulised interaktsioon olid AI ja DI ($p<0,001$) ning CI ja DI ($p<0,01$) indeksite vahel, kus esimeses F_1 väärtus suurenes ja teises vähenes.

Tabel 32. /l/-i F_1 väärtuse varieerumine sõltuvalt palatograafi indeksitest raamlausetes hääldatud katsesõnades ($p\leq 0,01$ *)

/l/-i F_1	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase F_1	378	7,47
AI	-21	-0,31
CI	138	2,00 *
DI	-1137	-2,72 *
AI:CI	-123	-1,38
AI:DI	1570	3,28 *
CI:DI	-704	-3,00 *

/l/-i F₂ väärtuse kohta arvutati samuti lineaarne regressioonvõrrand (F(6, 343)=299, p<0,0001) mille ennustusvõime oli 84%. Mudeli kohaselt (vt tabel 33) vähenes F₂ väärtus, kui DI indeks vähenes (p<0,0001). Olulised interaktsioonid olid AI ja DI (p<0,0001) ning CI ja DI (p<0,0001) indekse vahel, kus esimeses väärtus suurenes ja teises F₂ väärtus vähenes.

Tabel 33. /l/-i F₂ väärtuse varieerumine sõltuvalt palatograafi indeksitest raamlausetes hääldatud katsesõnadest (p≤0,01 *)

/l/-i F ₂	Hinnatav väärtus	t-väärtus
Baastase F ₂	1190	6,86
AI	235	1,02
CI	109	0,46
DI	-9878	-6,92 *
AI:CI	-423	-1,38
AI:DI	16547	10,1 *
CI:DI	-3066	-3,81 *

/l/ hääldati sõltuvalt vokaalist hambasompudel keele tipuga või keeleselja eesosaga. Välte suurenedes vähenes kontakt keeleselja eesosaga ja suurenes lateraalne kontakt ja kontakt hambasompudel. /l/-i häälduskoht sõltus vokaalist, tagavokaalide puhul oli häälduskoht tagapoolsem, eesvokaalide puhul eespoolsem. AI indeks oli kõrgem eesvokaalide /e, i/ kontekstis ja madalam tagavokaalide kontekstis. CI indeks oli kõrgem tagavokaalide ja madalam eesvokaalide kontekstis. DI indeks oli kõrge vokaal /i/ kontekstis, kuid madal teiste vokaalidega. COG indeks oli esimeses ja teises vältes madalam vokaalide /i/ ja /u/ kontekstis ja kõrgeim vokaalide /a, e/ kontekstis. Kolmandas vältes oli COG indeks kõrgeim vokaal /e/ kontekstis. LK ja LL katsesõnade vahel leidis artikulatoorset varieerumist. F₁ väärtus suurenes kui CI indeks suurenes ja vähenes, kui DI indeks vähenes. AI ja DI indekse interaktsioonis F₁ väärtus suurenes, CI ja DI interaktsioonis vähenes. F₂ väärtus vähenes DI indeksiga ja selle interaktsioonis CI indeksiga. F₂ väärtus tõusis AI ja DI indeksi interaktsioonis.

4. Järeldused

4.1. Palatograafi mõju isoleeritult ja raamlauses hääldatud häälikute kvaliteedile

Isoleeritult hääldatud katsesõnades oli vokaalide /a, e, i, u/ esimese ja teise formandi väärtuste tõus palatograafiga regulaarne. Kõrgete vokaalide /i, u/ kontekstis ei olnud palatograafiga F_3 väärtused kõrgemad. See on /u/ puhul mõnevõrra üllatav, sest /u/ hääldatakse ümardatud huultega ja juhtmed palatograafilt peaksid huulte ümardamist segama. /i/ on üldiselt hääldatud laiemalt avatud suuga, seega palatograafi mõju nii tugev ei olnud. /l/-i F_1 , F_2 ja F_3 sagedused olid palatograafiga kõrgemad. /l/-i F_2 ja F_3 sagedused tõusid just teise ja kolmanda välte interaktsioonides, ehk keel liikus suurema artikulatorse pingutusega tehissuulaega rohkem ettepoole ja suu oli avatum. /i/ kontekstis hääldatud /l/-i puhul vähenesid F_2 ja F_3 väärtused teise välte ja palatograafi interaktsioonis ehk keel oli tagapoolsem ja suu kinnisem.

Raamlausetes hääldatud katsesõnades olid vokaalide F_1 , F_2 ja F_3 väärtused palatograafiga üldiselt suuremad, kuid mitte nii regulaarselt kui isoleeritult hääldatud katsesõnades. V1 vokaalide puhul ei mõjutanud palatograaf /a/ F_2 ja /u/ F_3 väärtusi, kuid V2 puhul /a/ F_1 , /e/ F_2 - F_3 , /i/ F_1 - F_2 , /u/ F_3 väärtusi. /l/-i puhul tõstis palatograaf F_1 ja F_2 väärtusi, kuid F_3 väärtust tehissuulagi peaaegu ei mõjutanud. See tähendab, et /l/ hääldati ka selles katsetingimuses tehissuulaega eespoolsemalt, kuid suu avatust /l/-i hääldamisel palatograaf enam ei mõjutanud. Kui isoleeritult hääldatud katsesõnades oli palatograafi ja välte interaktsioonil suurem mõju /l/-i kvaliteedile, siis raamlausetes vähenes F_3 väärtus teise välte ja palatograafi interaktsioonis vokaal /u/ kontekstis.

Kuigi vokaalide hääldamisel ei moodustata kõnetrakti takistust, mõjutab palatograaf nende formantsagedusi seetõttu, et palatograaf vähendab suu ruumala, tõstes F_1 ja F_2 väärtusi. Kuna palatograafi küljest tulevad juhtmed keelejuhi suu külgedelt välja, on keelejuhil raskem suud sulgeda ja kui suu on avatum, on ka F_3 väärtus suurem. Deani

(2008) uurimusele põhinedes hüpoteesitati, et /l/-i F_1 ja F_2 väärtused on palatograafia madalamad ja F_3 väärtus kõrgem. See hüpotees leidis osalist kinnitust. F_1 ja F_2 väärtused olid kõrgemad, kuid F_3 väärtus oli palatograafia kõrgem ainult isoleeritult hääldatud katsesõnades. Kinnitust leidis ka teine hüpotees, katse teises osas oli palatograafil statistiliselt nõrgem mõju /l/-i ja vokaalide kvaliteedile.

4.2. Isoleeritult ja raamlausetes hääldatud /l/-i kvaliteet ja EPG

Magistritöö üks eesmärk oli leida, milline on akustika ja artikulatsiooni seos. Täpsemalt see, kuidas F_1 ja F_2 sagedused on seotud palatograafi indeksitega. Isoleeritult ja raamlausetes hääldatud katsesõnade vahel oli palju sarnasusi. Kinnitust leidis hüpotees, et /l/-i häälduskoht oli eesvokaalidega eespoolsem ja tagavokaalidega tagapoolsem.

Isoleeritult ja raamlausetes hääldatud katsesõnades suurenes /l/-i F_1 väärtus CI indeksi suurenemisega ja langes DI indeksi vähenemisega. See tähendab, et kui /l/ hääldati laiema lateraarse jaotusega suulaes, siis oli neeluõõs kitsam. Kui keeleselg oli madalam, siis F_1 väärtus langes, sest neeluõõs oli laiem. Raamlausetes hääldatud katsesõnades oli oluline ka AI ja DI interaktsioon, kus F_1 väärtus suurenes ning CI ja DI interaktsioon, kus väärtus vähenes. Ehk mida eespoolsem oli keel ja mida kõrgem oli keeleselg /l/-i hääldamisel, seda suurem oli F_1 väärtus. Kui /l/-i hääldamisel vähenes lai lateraalne kontakt hambasompudel ja keeleselg liikus madalamale, siis F_1 väärtus vähenes.

/l/-i F_2 väärtus suurenes AI indeksiga ja vähenes CI indeksiga. Ehk mida eespoolsemalt /l/-i hääldati, seda suurem F_2 väärtus. CI indeks näitas, et laiem lateraalne jaotus suulael vähendas CI indeksit, sest keel oli tõmbunud tahapoole. Raamlausetes vähenes F_2 väärtus DI indeksiga, ehk kõrgema keeleselja tõusuastmega. AI ja CI ning AI ja DI indeksite interaktsioonis suurenes F_2 väärtus, mis tähendab, et suurem kontakt hambasompudel ja laiem kontakt keele külgedega tõstis F_2 väärtust. Laiema lateraalse jaotusega suulael ja kõrgema keeleselja tõusuastmega, ehk CI ja DI indeksite interaktsioonis langes F_2 indeks nii isoleeritult kui raamlausetes hääldatud katsesõnades.

Vokaal /a/ kontekstis isoleeritud katsesõnas ja raamlauses hääldatud /l/-i artikulatsioonimustrid olid väga sarnased. LK ja LL katsesõnades esines väike artikulatorne varieerumine, kuid tendentsid olid sarnased. Raamlauses /l/ hääldati veidi tagapoolsemalt. Akustiliselt iseloomustas neid mõlemaid võrreldes teiste vokaalidega kõige suurem F_1 ja kõige väiksem F_2 väärtus. Välte suurenedes vähenes F_1 väärtus ja suurenes F_2 väärtus. Seda kinnitasid EPG andmed, kus AI indeks oli esimeses vältes väiksem, kuid välte suurenedes tõusis. See tähendab, et /l/ hääldati esimeses vältes tagapoolsemana, kuid teises ja kolmandas vältes eespoolsemana. Teises vältes oli näha, et keel liikus ettepoole, kuid lateraalne kontakt suulae keskosas laienes. Kolmandas vältes kadus lateraalne kontakt ja /l/ hääldati ainult keele tipuga. Eespoolsem keele asend tähendab kõrgemat F_2 väärtust. Peamiselt siiski vähenes F_1 väärtus, mis tähendab, et neeluõõs laienes. Neeluõõne laienemist oli näha ka CI väärtuses, sest see vähenes vältega. See tähendab väiksemat lateraalset kontakti suulae keskosas ja tugevamat kontakti keele tipuga. See viis arvatavasti keeleselja alla. Kogu keel liikus üldiselt ettepoole, mida kinnitas COG indeks.

Vokaal /e/ kontekstis isoleeritud katsesõnas ja raamlauses hääldatud /l/-i artikulatsioonimustrid olid peaaegu identsed. LK ja LL katsesõnades esines väike artikulatorne varieerumine, kuid tendentsid olid sarnased. Neid mõlemaid iseloomustas madal F_1 väärtus ja kõrgem F_2 väärtus kui /a/ kontekstis /l/-i puhul. Väldetega püsis F_2 väärtus sama, kuid F_1 väärtus vähenes kolmandas vältes veelgi. EPG andmetest oli näha kõrget AI indeksit, mis vältega natuke vähenes. See selgitas vähe varieeruvat /l/-i F_2 väärtust. F_1 väärtus vähenes kolmandas vältes, mida selgitas vältega vähenev CI indeks. Mis viitas sellele, et keeleselja eesosa oli langetatud, keeletipp liikus veidi tahapoole ja sellega seoses laienes neeluõõs. Vältega vähenes ka COG indeks, ehk keel liikus tahapoole.

Vokaal /i/ kontekstis isoleeritud katsesõnades ja raamlauses hääldatud /l/-i artikulatsioonimustrid olid väga sarnased. LK ja LL katsesõnades ei esinenud peaaegu üldse artikulatorset varieerumist. Akustiliselt iseloomustas neid mõlemaid madal F_1 väärtus, mis oli lähedane /e/ ja /u/ kontekstis hääldatud /l/-i väärtustele. Eripäraselt oli /i/ kontekstis /l/-il kõige kõrgem F_2 väärtus, mis küll vähenes natuke vältega. F_1 püsis

stabiilsena. Kõrget F_2 väärtust kirjeldas ka kõrge AI väärtus, mis näitab keeletipu kontakti hambasompudel. CI väärtus oli /l/-il kõrge, kuid see tulenes tugevast lateraalsest kontaktist keele külgedega hammaste juures. Viimast kirjeldas ka kõige kõrgem DI indeks. CI ja DI indeksid vähenesid vältega. See viitas sellele, et keeleselja eesosa langetati, kuid kontakt hambasompudel säilis. Vältega suurenes COG indeks, mis näitas, et keel liikus ettepoole.

Vokaal /u/ kontekstis isoleeritud katsesõnas ja raamlausetes hääldatud /l/-i artikulatsioonimustrid olid väga sarnased, kuid raamlausetes /l/-i häälduskoht oli jällegi veidi tagapoolsem. LK ja LL katsesõnades esines väike artikulatoorne varieerumine, kuid tendentsid olid sarnased. Akustiliselt iseloomustasid neid mõlemaid kõige väiksemad F_1 ja F_2 väärtused. Sarnaselt vokaal /a/ kontekstis oli /l/ hääldatud tagapoolsemalt, laia lateraalse jaotusega suulae keskosas, mis suurenes vältega. See tähendas madalamat AI ja suuremat CI väärtust. Need realiseerusid madalates F_1 ja F_2 väärtustes. Keele kontakt suulaega vähenes vältega ja keel tõmbus tahapoole. COG indeks püsib suhteliselt muutumatuna ja näitas, et keel oli isoleeritult hääldatud katsesõnades tagapoolsem, kuid raamlausetes eespoolsem kui /a/ kontekstis hääldatud /l/.

Kokkuvõte

Magistritöö eesmärk oli uurida kolmes vältes ja vokaalide /a, e, i, u/ kontekstis /l/-i akustika ja artikulatsiooni omavahelist seost. Kuna artikulatsiooni uurimiseks kasutati EPG3 tehissuulage, uuriti esmalt, kas palatograaf mõjutab /l/-i ja teda ümbritsevate vokaalide kvaliteeti. Materjal analüüsiks saadi katsest, kus keelejuht luges isoleeritult ja raamlausetes olevaid katseõnu tehissuulaega ja ilma.

Varasematele uurimustele tuginedes hüpoteiseeriti, et palatograafiga hääldatakse /l/ tagapoolsemalt ja kinnisema suuga, mis vähendavad F_1 , F_2 ja F_3 väärtusi ning tagavokaalidega on /l/-i häälduskoht eespoolsem kui tagavokaalidega. Hüpoteiseeriti ka, et katse esimeses pooles on palatograafil tugevam efekt kui teises pooles.

Esimene hüpotees leidis osalist kinnitust. /l/-i ja vokaalide F_1 ja F_2 väärtused ei olnud tehissuulaega hääldatud katseõnades väiksemad, vaid suuremad. See võis tuleneda väiksemast suu ruumalast või eespoolsemast häälduskohast. /l/-i F_3 väärtus oli palatograafiga suurem ainult katse esimeses pooles. Üldiselt olid vokaalide ja /l/-i formantsagedused katse teises pooles vähem mõjutatud palatograafist.

Akustika ja artikulatsiooni omavahelise seose leidmise eesmärk oli kinnitada, et F_1 ja F_2 väärtuste varieerumine on seotud palatograafi indeksitega. Selleks analüüsiti neid ja nende mõju /l/-i kvaliteedile. Isoleeritult ja raamlausetes hääldatud /l/-i artikulatsioonimustid olid sarnased, kuid raamlausetes hääldati /l/ veidi tagapoolsemalt. Kinnitust leidis ka hüpotees, et /l/-i häälduskoht oli eesvokaalide kontekstis eespoolsem kui tagavokaalide kontekstis.

/l/-i F_1 suurenes CI indeksi suurenemisega ja langes DI indeksi vähenemisega. See tähendab, et kõrgem ja eespoolsem keele asend tõstis F_1 väärtust ja vastupidine tendents langetas. /l/-i F_2 väärtus suurenes AI indeksiga ja vähenes CI indeksiga. Ehk mida eespoolsemalt /l/-i hääldati, seda suurem F_2 väärtus ja mida tagapoolsemalt, ehk

keeleselja eesosaga hambasompude eesosal, seda madalam oli F_2 väärtus. Raamlausestes vähenes F_2 väärtus ka DI indeksiga, ehk kõrgema keeleselja tõusuastmega.

Madala tagavokaali /a/ kontekstis hääldatud /l/ hääldati hambasompudel või selle tagaosal keele tipu ja keeleselja eesosaga, mis akustiliselt tähendas suurt F_1 ja väikest F_2 väärtust. Kõrge keskvojaali /e/ kontekstis hääldatud /l/ hääldati hambasompudel, peamiselt keele tipuga ning vähese lateraalse kontaktiga. Akustiliselt tähendas see väikest F_1 väärtust ja kõrgemat F_2 väärtust kui /a/ kontekstis /l/-i puhul. Vokaal /i/ kontekstis /l/ hääldati hambasompude eesosal keele tipu ja tugeva lateraalse kontaktiga, mis akustiliselt tähendas madalat F_1 väärtust ja kõige kõrgemat F_2 väärtust. Vokaal /u/ kontekstis /l/ hääldati vähese kontaktiga hambasompudel või selle tagaosal keele tipu ja keeleselja eesosaga. Iseloomulik oli ka kõrge keeleselja tõusuaste, mis tähendasid kõige väiksemaid F_1 ja F_2 väärtusi.

Kirjandus

Ariste, Paul 1939. Hiiu murrete häälikud. Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli toimetused.

Ariste, Paul 1943. Katselisfoneetilisi tähelepanekuid: mit einem Referat: Experimentalphonetische Beobachtungen. Tartu Ülikooli toimetused. B, Humaniora 50.2. Tartu.

Articulate Instruments Ltd 2010. Edinburgh, UK: Articulate Instruments Ltd.

Boersma, Paul; Weenink, David 2016. Praat: doing phonetics by computer. [Http://www.praat.org/](http://www.praat.org/) Versioon 6.0.14. Vaadatud 18.05.2016

Dart, Sarah N 1998. Comparing French and English coronal consonant articulation. *Journal of Phonetics* (1998) 26, 71—94.

Dean, Karie Lindsay 2008. The effect of a pseudopalate on voiceless obstruent production: a spectral evaluation of adaptation. Birmingham Young University.

Eek, Arvo 1970. Articulation of the estonian sonorant consonants /n/ and /l/. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. Ühiskonnateaduste Seeria, 103–121.

Espy-Wilson, Carol Y 1992. Acoustic measures for linguistic features distinguishing the semivowels /w, j, r, l/ in American English. *Journal of the Acoustical Society of America*, 92, 736–57.

Harrington, Jonathan 2010. Phonetic anaysis of speech corpora. Institute of Phonetics and Speech Processing Ludwig-Maximilians University of Munich Germany. Wiley-Blackwell.

Johnson, Keith 2003. Acoustic and auditory phonetics. Blackwell publishing.

- Lehiste, Ilse 1965.** Palatalization in Estonian: Some acoustic observations. Estonian poetry and language. Vaba Eesti, Stockholm, 136–162.
- Johnson, Keith 2003.** Acoustic and auditory phonetics. Blackwell publishing.
- Kettunen, Lauri 1913.** Lautgeschichtliche Untersuchung über den kodaferischen Dialekt. Suomalais-ugrilaisen Seuran Toimituksia 33. Helsinki.
- Kutser, Leida 1935.** Eesti konsonantide palatogrammist. Seminaritöö. Tartu Ülikool.
- Malmi, Anton 2014.** „Intervokaalse /l/-i kvaliteet ja kvantiteet“. Bakalaureusetöö. Tartu Ülikool.
- Mcauliffe J., Megan, Robb P., Michael, Murdoch E., Bruce 2007.** Acoustic and perceptual analysis of speech adaptation to an artificial palate. Clinical linguistic and Phonetics, November-December 21 (11–12): 885–894.
- Meister, Einar; Werner, Stefan 2015.** Comparing palatography patterns of Estonian consonants across time. In: ICPHS 2015: 18th International Congress of Phonetic Sciences, 10-14 Aug 2015 SECC Glasgow UK, Proceedings: Glasgow: University of Glasgow, [1–5].
- R Core Team 2013.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.Rproject.org/>. Vaadatud 18.05.2016
- Recasens, Daniel 2011.** A cross-language acoustic study of initial and final allophones of /l/: Speech Communication 54 (3), 366–383.
- Stevens, Kenneth 2000.** Acoustic phonetics. MIT press.

The quality and palatography of the intervocalic /l/. Summary

Summary

This study is a follow-up for my bachelor thesis that was defended at the University of Tartu in 2014. In the bachelor thesis I studied the quality and quantity of the intervocalic /l/ on the basis of acoustical data. The results revealed that the vowels preceeding and following /l/ affected its acoustic features. The higher the place of articulation of the vowels, the higher consonant's F_1 and F_2 frequencies were.

The main focus of this thesis is to study the quality and articulation of the intervocalic /l/ with the EPG3 palate. The first research question was whether the artificial palate affects the formant frequencies of the vowels and consonant. After that the acoustic and EPG data was examined side by side to understand the link between acoustics and articulation.

The test words were read aloud in two test conditions and the acoustic and EPG data were recorded simultaneously. In the other test condition the subject was recorded without the artificial palate to test the effect of the artificial palate on the acoustics of speech. In the first test condition 12 test words were isolated and had a VC(C)V structure. Each word was repeated 3 times. In the second condition the test words were in 12 carrier sentences that had a CVC(C)V structure. In both conditions the lateral was in the context of vowels /a, e, i, u/.

The first chapter of the study summarizes the previous studies on the acoustics and articulation of the lateral /l/. The second chapter presents the materials and methods used in this study. The third chapter presents the results which is followed by a discussion in the fourth chapter.

The results showed that the palatograph had a significant effect on the acoustics of speech. In the first test condition the palatograph raised the F_1 and F_2 frequencies of the vowels regularly, but the F_3 frequency was not higher in the context of high vowels /i, u/. The

artificial palate raised the F_1 , F_2 , F_3 frequencies of the lateral /l/, but in the context of /i/ the F_2 and F_3 frequencies were lower. In the carrier sentences the rise of the formant frequencies were not as regular as in the isolated phrases and the linear model showed more statistically insignificant results. The F_3 frequency was less affected by the artificial palate.

The second part of the study showed that there was a correlation between acoustics and articulation of the intervocalic /l/. The acoustic data was compared to the EPG data. The F_1 frequency of /l/ was lower with higher vowels and the F_2 frequency was higher with high vowels. Lower F_1 frequency is connected to the high AI and CI indices that show the anteriority and the lateral spread of the tongue on the palate of the mouth. Higher F_2 frequency is also connected to the high AI index but lower CI and DI indices.

Lisa 1. Katses kasutatud raamlaused

Sain tulu palju mullu.

Sain mullu palju tulu.

Sain villi, püüdes kala.

Sain kala püüdes villi.

Nägin villi, polnud hullu.

Polnud hullu, nägin villi.

Neiu Hele ootas lelle.

Ootas lelle neiu Hele.

Pekstud vili tünni kalla.

Tünni kalla pekstud vili.

Sõitis Elle läbi valla.

Läbi valla sõitis Elle.

Lisa 2. Meeskeelejuhi palatograafita ja palatograafiga isoleeritult hääldatud katsesõnade keskmised häälikute formantsagedused kolmes vältes

			V1			C			V2		
			F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
		Pal	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz
/a/	Q1	0	600	960	2241	474	1028	2468	524	989	2468
	Q2	0	612	967	2296	396	1097	2498	493	1050	2498
	Q3	0	581	967	2210	364	1117	2469	440	1188	2469
/e/	Q1	0	404	1955	2672	330	1623	2242	485	1640	2242
	Q2	0	433	1877	2481	268	1518	2380	438	1547	2380
	Q3	0	444	1870	2629	251	1613	2471	450	1573	2471
/i/	Q1	0	258	2410	3063	258	2164	2756	287	2002	2629
	Q2	0	256	2334	2932	248	2047	2731	321	1900	2703
	Q3	0	261	2359	2901	254	2060	2673	315	1763	2698
/u/	Q1	0	275	589	2336	257	920	2466	294	774	2466
	Q2	0	275	565	2406	251	1195	2355	308	1075	2355
	Q3	0	292	573	2395	253	1126	2321	292	908	2321
/a/	Q1	1	672	982	2487	527	1076	2479	606	1090	2535
	Q2	1	670	1043	2528	429	1305	2753	544	1209	2690
	Q3	1	665	1015	2486	373	1329	2788	464	1293	2644
/e/	Q1	1	505	1992	2701	368	1802	2837	499	1763	2655
	Q2	1	533	1825	2441	325	1731	2865	464	1651	2619
	Q3	1	483	2087	2907	309	1685	2704	488	1703	2738
/i/	Q1	1	360	1836	2633	308	1897	2468	331	2133	2728
	Q2	1	366	1618	2445	316	1921	2534	339	2023	2677
	Q3	1	320	1671	2825	308	1931	2673	360	2024	2804
/u/	Q1	1	377	1416	2413	339	1014	2323	337	1087	2495
	Q2	1	409	1274	2247	318	1127	2510	360	1115	2523
	Q3	1	409	1466	2505	306	1226	2457	343	1284	2550

**Lisa 3. Meeskeelejuhi palatograafita ja palatograafiga raamlausetes
hääldatud katsesõnade keskmised häälikute formantsagedused kolmes
vältes**

			V1			C2			V2		
			F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
		Pal	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz
/a/	Q1	0	524	1066	2237	503	1020	2464	553	1024	2536
	Q2	0	536	981	2360	382	1076	2540	432	1095	2468
	Q3	0	552	1169	2301	360	1124	2604	441	1149	2430
/e/	Q1	0	446	1892	2482	347	1314	2651	479	1686	2412
	Q2	0	390	1922	2717	288	1313	2570	464	1541	2553
	Q3	0	440	1844	2446	277	1493	2549	411	1642	2466
/i/	Q1	0	313	2223	2581	274	2159	2659	323	2120	2579
	Q2	0	291	2231	2625	254	2105	2472	334	2055	2628
	Q3	0	293	2160	2647	237	1950	2666	324	1995	2629
/u/	Q1	0	333	746	2438	319	1070	2345	372	696	2552
	Q2	0	428	702	2421	303	1248	2846	359	833	2386
	Q3	0	342	748	2603	274	1236	2482	388	986	2507
/a/	Q1	1	595	1113	2443	586	1199	2658	578	1034	2564
	Q2	1	576	1058	2453	423	1198	2548	593	1101	2546
	Q3	1	545	1122	2558	436	1207	2714	483	1267	2624
/e/	Q1	1	481	2095	2689	390	1450	2658	543	1601	2694
	Q2	1	442	1941	2634	363	1557	2598	393	1568	2627
	Q3	1	489	1978	2822	331	1471	2626	475	1509	2606
/i/	Q1	1	333	2137	2743	325	2463	2665	348	2051	2774
	Q2	1	355	2130	2736	367	2482	2768	367	2021	2848
	Q3	1	332	2123	2708	297	2430	2848	373	1975	2677
/u/	Q1	1	380	866	2459	385	1054	2537	389	797	2577
	Q2	1	461	864	2454	358	1145	2752	386	909	2576
	Q3	1	449	937	2567	340	1139	2639	374	1029	2596